

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Návrh výroby formy pro lisování automobilových
součástí z plastů

Proposal Production of the Form for Pressing of
Automobile Components from Plastic

Student : Bc. Aleš Hampejs

Vedoucí diplomové práce : Ing. Tichá Šárka, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Aleš Hampejs**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh výroby formy pro lisování automobilových součástí z plastu**
Proposal Production of the Form for Pressing of Automobile Components from Plastic

Zásady pro vypracování:

1. Provedte rozbor stávající technologie výroby.
2. Navrhněte technologii obrábění pro CNC obráběcí stroj včetně vhodných nástrojů.
3. Zpracujte řídicí programy pro obrábění na CNC obráběcím stroji.
4. Provedte technicko-ekonomické zhodnocení navržené technologie obrábění.

Seznam doporučené odborné literatury:

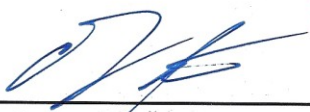
- [1] VLACH, B. *Technologie obrábění na číslicově řízených strojích*. Praha : SNTL Praha, 1982. 395 s.
- [2] JANDEČKA, K. *Programování NC strojů*. Plzeň : ZČU Plzeň, 2000. 159 s. ISBN 80-7082-692-4.
- [3] ADAMEC, J. *Programování CNC systému SINUMERIK 810D/840D – Frézování*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2006. 148 s. ISBN 80-248-1136-7.
- [4] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha : Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [5] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha : Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Šárka Tichá, Ph.D.**


Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry






prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 11.5.2011

..... 

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 11.5.2011

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého bydliště:

Hampejs

Bc. Aleš Hampejs

Výškovická 80

700 30 Ostrava-Zábřeh

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

HAMPEJS, Aleš. *Návrh výroby formy pro lisování automobilových součástí z plastů.*

Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011, 62 s. Diplomová práce, vedoucí TICHÁ, Šárka.

Diplomová práce se zabývá návrhem obrábění formy pro lisování automobilových součástí z plastů.

V první části diplomové práce je proveden rozbor stávající technologie výroby, který zahrnuje jaké nástroje, stroje a technologie, které byly při výrobě použity. Na základě tohoto rozboru je proveden návrh nové technologie výroby za použití nového CNC stroje. Návrh je zaměřen na zefektivnění výroby za použití vhodných nástrojů a maximálního potenciálu stroje. Součástí práce jsou řídicí programy pro obrábění obou částí lisovací formy.

Závěrečná část pak porovnává a vyhodnocuje provedený návrh výroby formy pro lisování automobilových součástí z plastů.

ANOTATION OF THESIS

HAMPEJS, Aleš. *Proposal Production of the Form for Pressing of Automobile Components from Plastic.* Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2011, 62 p. Thesis, head: TICHÁ, Šárka.

This thesis proposes working form for pressing of automobile components from plastic.

In the first parts of this thesis is an analysis existing technology production, which are tools, machines and technologies, which were used. On the basis of this analysis is carried out proposal for a new production technology with using new CNC machine. The proposal is aimed at making production more efficient by using appropriate tools and machines full potential. In this thesis are driving programs for working both parts of form for pressing.

The final part comparative and evaluates performed proposal production of the form for pressing of automobile components from plastic.

Obsah

1. ÚVOD	10
2. CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	11
3. VÝROBA VE SPOLEČNOSTI S - KUNSTSTOFFTECHNIK S.R.O.	12
4. VOLBA TYPOVÉHO PŘEDSTAVITELE.....	13
4.1 ROZBOR STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE	16
4.2 MATERIÁL LISOVACÍHO NÁSTROJE.....	18
4.3 POUŽITÝ VÝROBNÍ STROJ	18
4.4 NÁSTROJE	21
4.5 TECHNOLOGICKÝ POSTUP	27
4.6 ANALÝZA STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY	28
5. PROGRAMOVÁNÍ NC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ	29
5.1 ŘÍDICÍ SYSTÉMY NC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ	29
5.2 METODY PROGRAMOVÁNÍ.....	31
5.3 ŘÍDICÍ NC PROGRAM	33
5.4 STRUKTURA NC PROGRAMU	34
5.5 SOUŘADNÝ SYSTÉM NC STROJŮ	35
5.6 STANOVENÍ NULOVÉHO BODU OBROBKU PŘI FRÉZOVÁNÍ	36
6. CAD/CAM SYSTÉM POWERMILL	38
6.1 POWERMILL – 3-OSÉ FRÉZOVÁNÍ	38
6.2 POWERMILL – 5-OSÉ FRÉZOVÁNÍ	39
7. ŘÍDICÍ SYSTÉM HEIDENHAIN ITNC530.....	41
7.1 OBRAZOVKA A KLÁVESNICE	41
7.2 TESTOVÁNÍ PROGRAMŮ POMOCÍ GRAFIKY	43
8. NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE	44

8.1	VOLBA CNC STROJE	46
8.2	VOLBA NÁSTROJŮ A ŘEZNÝCH PODMÍNEK.....	47
9.	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉ TECHNOLOGIE	54
9.1	POROVNÁNÍ ČASŮ OBRÁBĚNÍ	54
9.2	POROVNÁNÍ ČASŮ VÝROBY	55
9.3	POROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ	56
10.	ZÁVĚR.....	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	60
	SEZNAM PŘÍLOH.....	62

Seznam použitých zkratk

CAM	-	Computer Aided Manufacturing – počítačem podporovaná výroba	
CIM	-	Computer Integrable Manufacturing – výroba integrovaná počítačem	
CNC	-	Computerized Numerical Control – počítačem číslicově řízený stroj	
DNC	-	Direct Numerical Control - přímé řízení výrobního procesu	
HRC	-	Tvrdost materiálu dle Rockwella	
NC	-	Numerical Control - číslicově řízený	
N_N	-	Náklady na výrobu navrženou technologií	[Kč]
N_S	-	Náklady na výrobu stávající technologií	[Kč]
PA6	-	Polyamid PA6 (silon)	
PET	-	Polyethyléntereftalát	
PT	-	Porovnání technologií	[%]
POM	-	Polyoxymetylen	
Re	-	Mez pevnosti	[MPa]
Rm	-	Mez kluzu	[MPa]
ŘS	-	Řídicí systém	
t_{celN}	-	Celkový čas obrábění navrženou technologií	[min]
t_{celS}	-	Celkový čas obrábění stávající technologií	[min]
t_{chS}	-	Čas hrubovacích operací tvárnice stávající technologií	[min]
t_{csS}	-	Čas dokončovacích operací tvárnice stávající technologií	[min]
t_{cS}	-	Čas obrábění tvárnice stávající technologií	[min]
t_{chN}	-	Čas hrubovacích operací tvárnice navrženou technologií	[min]
t_{cN}	-	Čas obrábění tvárnice navrženou technologií	[min]
t_{csN}	-	Čas dokončovacích operací tvárnice navrženou technologií	[min]
t_{DcelN}	-	Celková čas výroby navrženou technologií	[Nh]
t_{DcelS}	-	Celková čas výroby stávající technologií	[Nh]
t_{DcN}	-	Čas výroby tvárnice navrženou technologií	[Nh]
t_{DcS}	-	Čas výroby tvárnice stávající technologií	[Nh]
t_{DkN}	-	Čas výroby tvárníku navrženou technologií	[Nh]
t_{DkS}	-	Čas výroby tvárníku stávající technologií	[Nh]
t_{khN}	-	Čas hrubovacích operací tvárníku navrženou technologií	[min]
t_{khS}	-	Čas hrubovacích operací tvárníku stávající technologií	[min]

t_{kN}	-	Čas obrábění tvárníku navrženou technologií	[min]
t_{ksN}	-	Čas dokončovacích operací tvárníku navrženou technologií	[min]
t_{kS}	-	Čas obrábění tvárníku stávající technologií	[min]
t_{ksS}	-	Čas dokončovacích operací tvárníku stávající technologií	[min]
t_p	-	Čas programování	[h]
t_{pv}	-	Čas přípravy výroby	[h]
U_N	-	Úspora nákladů	[Kč]
VBD	-	Vyměnitelná břitová destička	

1. Úvod

První programové stroje vznikly v Americe v padesátých letech a byly řízeny programy vyznačených na dřevných štítcích nebo páskách. Tyto stroje byly označovány jako NC stroje. Pro tehdejší NC stroje byly řídicí systémy (z důvodu jejich velikosti) umístěny ve zvláštní skříni vedle stroje. Příchodem počítačové techniky se vše zmenšilo a přídatných skříní již nebylo zapotřebí. Další výhodou počítačové techniky je zrychlení a zdokonalení všech operací. Přenášení dat se také velmi ulehčilo, dají se přenášet na USB flash discích nebo posílat přímo přes integrovanou počítačovou síť.

Výrobní stroje jsou konstruovány a přizpůsobovány pro určitý druh obrábění a tím lze i lépe využít stroj samotný. Díky těmto výhodám lze obrábět novými progresivními materiály, které umožňují použití výhodnějších podmínek obrábění.

V současnosti je přítomnost CNC stroje téměř nepostradatelnou součástí většiny moderních strojírenských podniků. Nároky na přesnost, zejména na opakovatelnou přesnost a tvarovou náročnost součástí jsou tak vysoké, že dosáhnout je za pomoci konvenčních obráběcích strojů je téměř nemožné. CNC stroje nejen zefektivňují výrobu, ale i zlepšují pracovní prostředí a přispívají k lepšímu využití nejen času výroby, ale i dnes stále dražšími energiemi. K zlepšení efektivnosti výroby nestačí pouze CNC stroje, ale je potřeba mít k nim i ostatní doplňující prvky jako nástroje, upínací přípravky apod. Použitím již zmíněných doplňujících prvků můžeme docílit vyšších řezných rychlostí, posuvů, vyšší životnosti nástroje a dosažení lepší kvality obrobené plochy. Technologie výroby dílce musí být patřičně připravena a promyšlena z důvodu plného využití potenciálu stroje i nástrojů.

2. CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je návrh výroby formy pro lisování automobilových součástí z plastů. Tento návrh nové technologie výroby za použití nového CNC stroje a nových nástrojů povede ke snížení výrobních časů a tím i snížení výrobních nákladů. Zhodnocení efektivnosti nově navržené technologie bude provedeno v technicko-ekonomickém zhodnocení.

Pro dosažení navržených cílů budou zpracovány následující body:

- 1) rozbor stávající technologie výroby částí lisovacího nástroje.
- 2) návrh technologie obrábění pro vybraný CNC stroj včetně návrhu vhodných řezných nástrojů.
- 3) zpracování řídicích programů pro obrábění na CNC stroji.
- 4) technicko-ekonomické zhodnocení navržené technologie obrábění.

3. VÝROBA VE SPOLEČNOSTI S - Kunststofftechnik s.r.o.

S - Kunststofftechnik s.r.o. patří mezi mladé, dynamicky se rozvíjející společnosti v oblasti průmyslu na zpracování plastů.

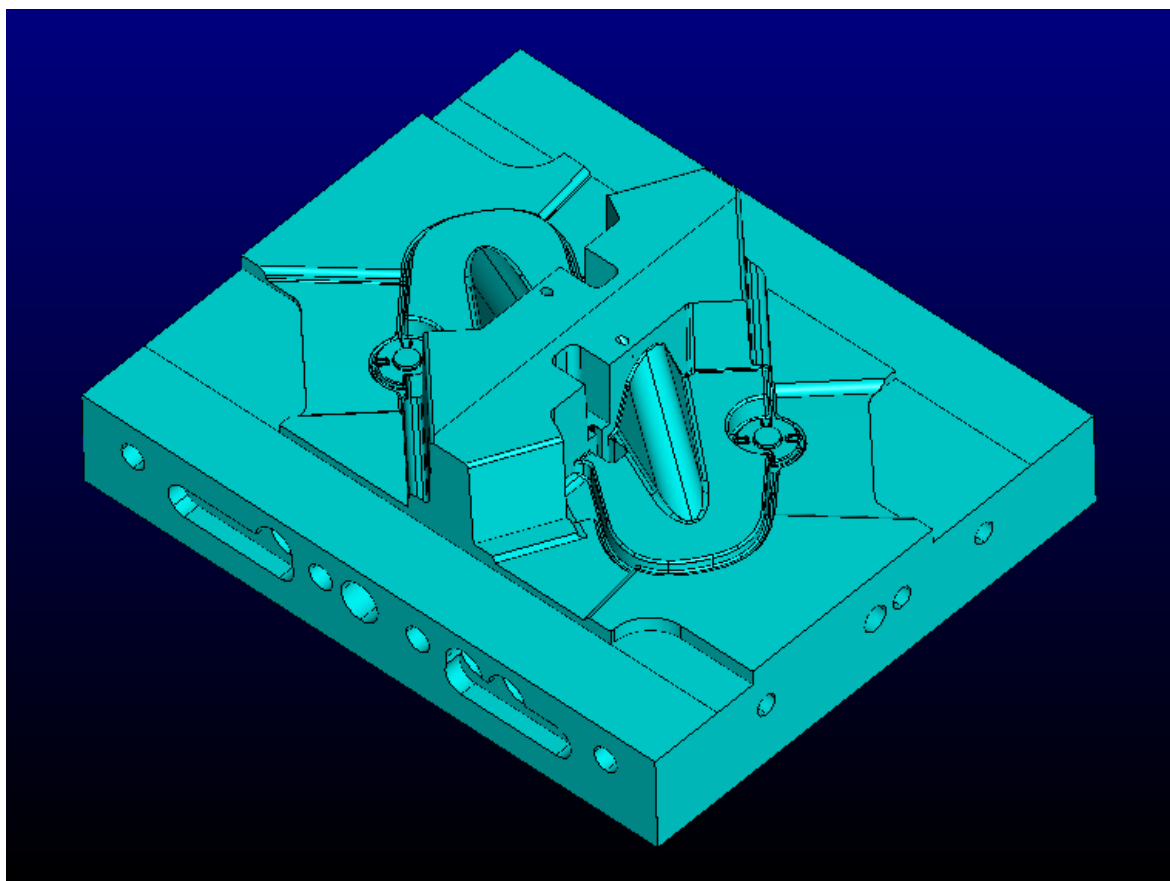
Filozofie úspěšnosti firmy vychází z dlouholetých odborných a praktických zkušeností managementu. Svými mnohdy originálními přístupy a progresivními metodami práce, s kontakty k nejmodernějším technickým poznatkům z oblasti vývoje, konstrukce a výroby dílů z plastických hmot, uspokojuje náročné požadavky svých zákazníků.

Za samozřejmý považuje úzký kontakt s automobilovým a elektrotechnickým průmyslem. Důležitá je rovněž osobní účast na spoluvývoji, testování a náběhu nových technických výrobků a funkčních skupin. Otevřené jsou vztahy i k mnoha dalším technickým profesím a technologiím.

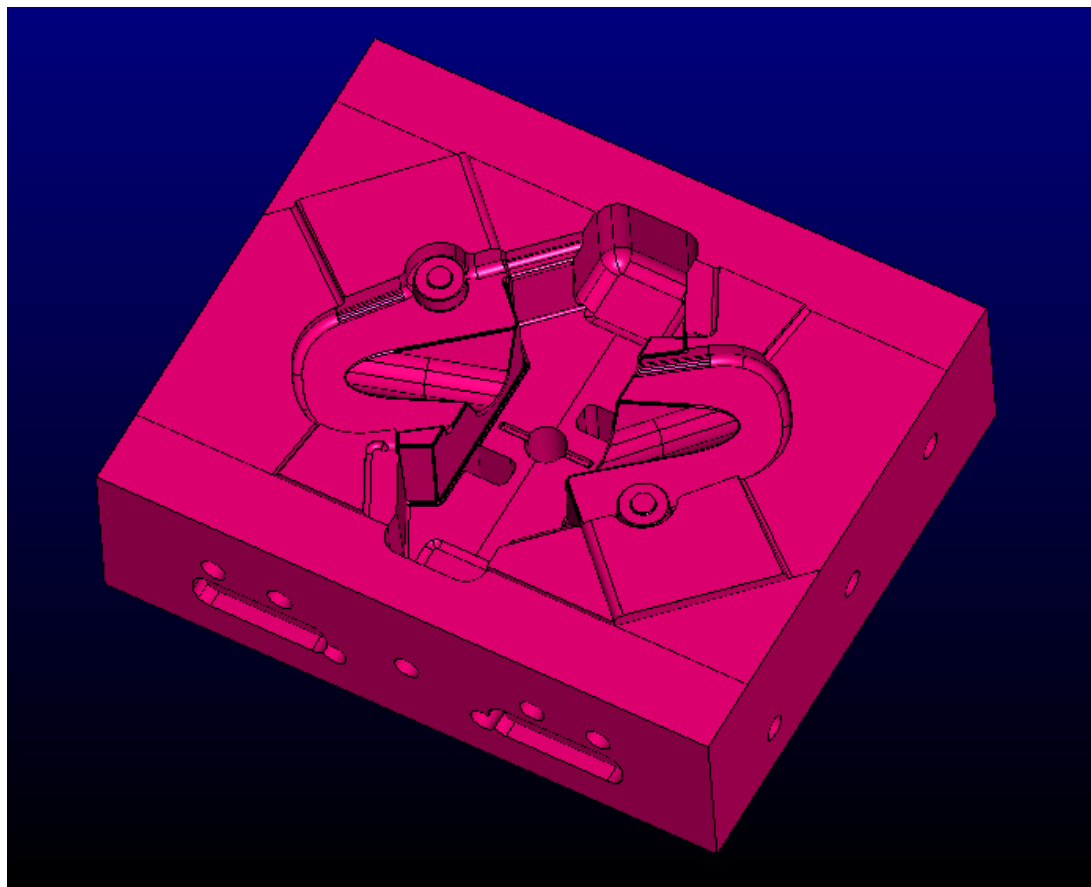
Krátké dodací termíny, vysoká kvalita odvedené práce a příznivé ceny jsou základními kameny na cestě ke spokojenosti tuzemských i zahraničních odběratelů.[8]

4. Volba typového představitele

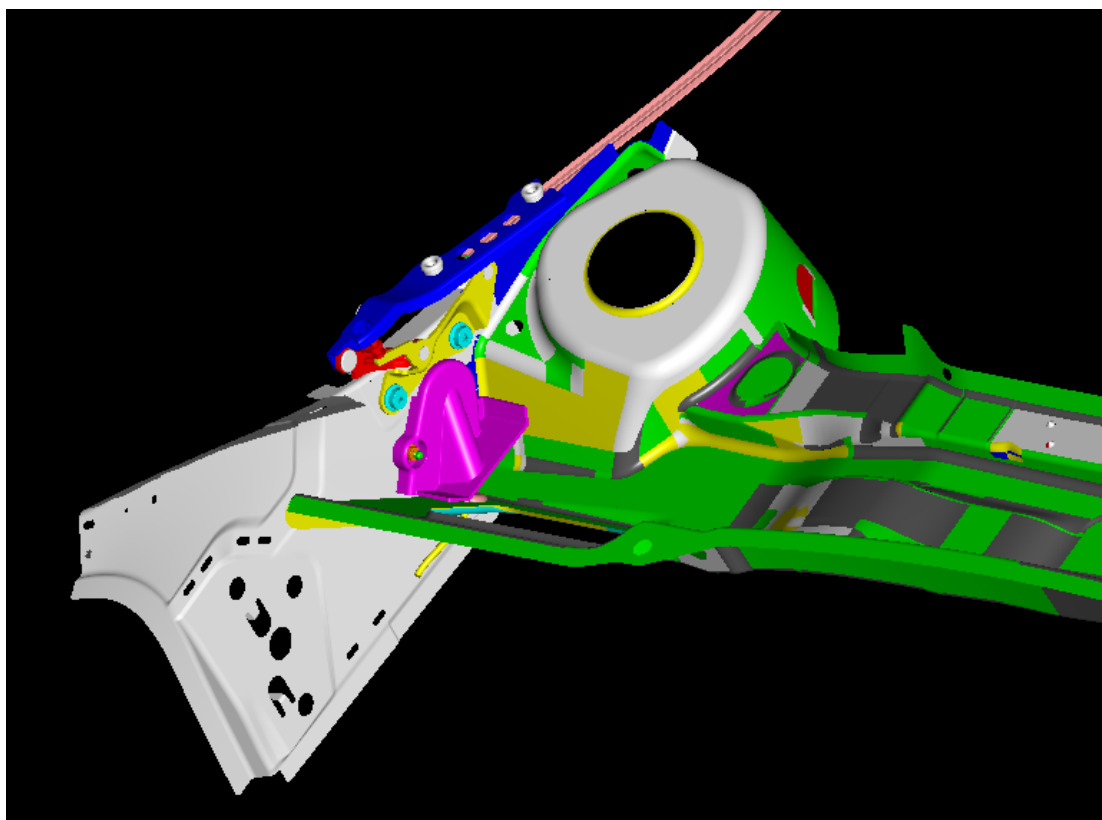
Jako typový představitel byla zvolena výroba dvou dílů lisovacího nástroje (tvárníku obr. 4.1 a tvárnice obr. 4.2). Výlisek, pro který byl lisovací nástroj vyráběn se nazývá kryt bowdenu (obr. 4.4 a obr. 4.5). Tento kryt bowdenu slouží k ochraně posuvné části lankového tahu otevíření kapoty (obr. 4.3). Bez zakrytí bowdenu u otevíracího mechanismu kapoty, bylo možno poměrně snadno z vnějšku bowden povytáhnout a docílit tak nežádoucího otevření kapoty. Z bezpečnostních důvodů bylo toto původní řešení nepřijatelné. Dle požadavku objednatele se výlisek krytu bowdenu vyrábí z materiálu PA 6 GF (kompletní kód materiálu je uveden na výkresu výlisku viz.příloha č.1).



Obr. 4.1 Tvárník



Obr. 4.2 Tvárnice



Obr. 4.3 Díl v sestavě

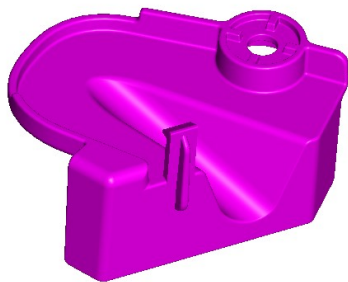
Materiál výlisku:

PA 6 GF vykazuje – při dodržení vysoké odolnosti proti oděru – vyšší pevnost, tuhost, odolnost proti tečení a rozměrovou stálost.[25]

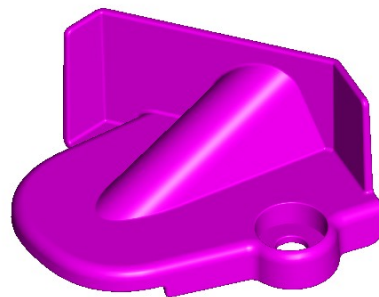
Vlastnosti: [7]

- největší pevnost v tahu ze všech typů PA, POM a PET,
- velmi vysoká rázová houževnatost,
- nejnižší protažení při přetržení ze všech uvedených termoplastů,
- maximální tepelná tvarová stálost.

Tento typ polyamidu umožňuje použití při vysokých teplotách a při obrábění má menší sklon k vytváření ostřin. PA 6 GF je vhodný zvláště pro výrobu strojních prvků, které jsou vystaveny velmi vysokým zatížením a i při vysokých teplotách musí být tvarově stálé.[25]



Obr. 4.4 Kryt bowdenu rub



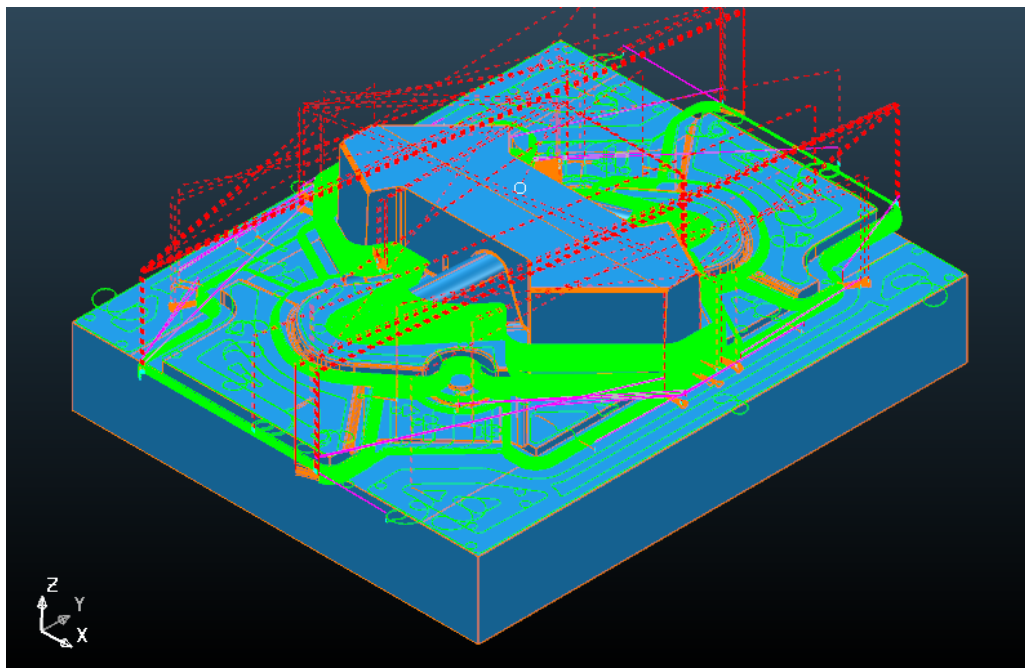
Obr. 4.5 Kryt bowdenu líc

Jako zkušená dynamicky se rozvíjející výrobní společnost S – Kunststofftechnik s.r.o. chce modernizací svého strojního parku, zakoupením stroje nové koncepce portálové CNC frézky, především zkrátit výrobu složitých a tvarově komplikovaných částí forem na vstřikování plastů a porovnat tak výrobní časy mezi stávajícím strojem a strojem novým. Mezi další důvody patří o kolik se firma zlepšila při výrobě oproti minulosti a zda-li lze výrobu více urychlit. Výroba tvárníku a tvárnice (výkresy viz příloha č.2) obsahuje největší časové hledisko výroby celého lisovacího nástroje. Z tohoto důvodu byla vybrána výroba tvárníku a tvárnice krytu bowdenu jako typový představitel výroby na tomto novém stroji.

4.1 Rozbor stávající technologie

Pro technologickou přípravu výroby sloužily 3D modely (viz příloha č.3), které se následně importovaly do programu PowerMILL. Stávající technologie byla původně koncipována pro CNC frézku MAS MCV SPRINT 750. V době, kdy byl tento lisovací nástroj vyráběn, firma ještě nevlastnila elektroerozivní hloubicí stroj, který mj. dokáže vytvořit zákazníkem požadovaný povrch, odborně nazývaný „dezén“. Aby částí pro elektroerozivní obrábění bylo co nejméně, musel se nejprve přebytečný materiál produkčně odhrubovat, a v sekundární pracovní operaci tvarově dohotovit na CNC frézce. Veškeré rohové a obtížně dostupné plochy se jak již bylo zmíněno, musely frézovat a to dokončovací operace značně prodlužovalo. Části, které dle požadavku zákazníka musely mít povrch charakteristický po elektroerozivním hloubení, se po předchozí domluvě zasílaly do předem smluvené firmy. Všechny tyto aspekty prodlužují čas a tím i prodražují výrobu.

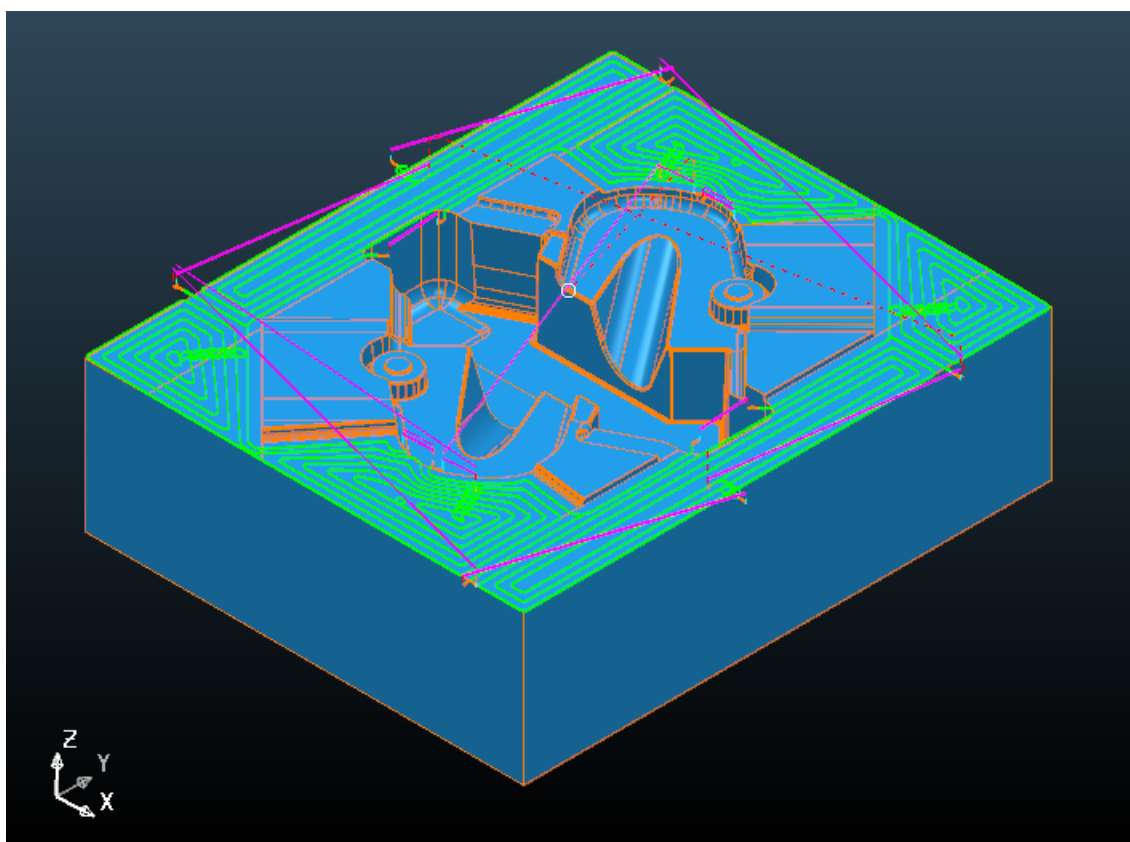
Technologie výroby je rozložena do několika fází. Jako první fáze bylo hrubování obou dílů lisovacího nástroje (tvárníku a tvárnice) s přídavkem 0,6 mm. Prvotní hrubování bylo provedeno frézovací hlavou (obr. 4.9) o průměru 32 mm s VBD. Poté následovaly frézy o průměrech 20 (obr. 4.6) a 16 mm taktéž s VBD. Mezi další frézy, které následovaly, patří frézy toroidní o průměrech 10 a 8 mm. Pro hrubování tvárnice byly ještě použity frézy kulové a to o průměrech 6 a 4 mm.



Obr. 4.6 Dohrubovací operace frézovací hlavou o průměru 20 mm

Takto obrobené dílce byly zasílány ke kalení do vakuové pece. Požadovaná tvrdost na oba dílce byla 48 až 52 HRC. Dále zde byly velmi přísné požadavky na maximální dovolenou deformaci event. zkroucení dílce po zakalení. Ty musely být bezpodmínečně dodrženy, protože i velmi malé deformace by byly velmi obtížně odstraňovány.

Po zakalení obou dílů lisovacího nástroje, následovalo přebroušení vodorovných ploch k dosažení pravých úhlů. Dále následovaly dohrubovací operace na přídavek 0,3 mm. Zde byly použity frézy toroidní o průměrech 10 (obr. 4.7), 8 mm a kulové frézy o průměrech 4, 3 a 2 mm. U tvárnice byla ještě navíc použita kulová fréza o průměru 10 mm. Poté následovaly dokončovací operace frézováním mimo plochy, které byly posléze elektroerozivně hloubeny.



Obr. 4.7 Dohrubovací operace toroidní frézou o průměru 10 mm

Dále se elektroerozivně drátově řezaly místa pro vkládání vložek tvořící tzv. záchytný zobáček výlisku. Jako poslední fáze obrábění patřilo elektroerozivní hloubení s finalizací povrchu vnitřních částí forem. V konečné fázi pracovních operací bylo provedeno slícování obou dílů forem a následné opracování ploch ručním dobroušením a leštěním.

4.2 Materiál lisovacího nástroje

Lisovací nástroj byl vyroben z materiálu 1.2343 (DIN X38CrMoV5.1). Tento materiál na základě dobré odolnosti proti popuštění se používá u forem s vyšším termickým namáháním, je odolný vůči tepelným trhlinám, vyznačuje se dobrou houževnatostí a vhodností k nitridaci a povlakování. [11]

Použití: formy pro plasty. [11]

Mechanické vlastnosti [16]:

- | | |
|-----------------------|------------------|
| ▪ Rm | 1275 – 1770 MPa, |
| ▪ pracovní tvrdost | 30 – 53 HRC, |
| ▪ dosažitelná tvrdost | 52 – 54 HRC. |

4.3 Použitý obráběcí stroj

Pro výrobu tvárníku a tvárnice byla použita CNC frézka MAS MCV 750 SPRINT (obr. 4.8) s řídicím systémem Heidenhain 530i.

MAS MCV 750 SPRINT

Řada strojů MCV je postavena na nosném rámu ve tvaru C. Uspořádání a tvar odlitků nosného rámu strojů je optimalizováno s ohledem na požadavek na vysokou tuhost a stabilitu. Aplikace lineárního vedení ve všech lineárních osách garantuje požadovanou přesnost a dynamiku při obrábění. Automatická výměna nástrojů ze zásobníku umožňuje práci v automatickém cyklu. S použitím zvláštního příslušenství stroj umožňuje nasazení produktivních nástrojů se středovým přívodem procesní kapaliny. Přístup do pracovního prostoru je zajištěn posuvnými kryty, které dovolují otevřít celý roh stroje a jednoduše založit rozměrný obrobek. Uspořádání krytů však umožňuje i otevření pouze části krytování při zakládání malých dílců, což velmi zvyšuje uživatelský komfort obsluhy. [13,14]



Obr. 4.8 CNC frézka MAS MCV 750 SPRINT [21]

Tabulka 4.1 Technologické možnosti [14]

Materiál		Odběr materiálu	Nástroj	Otáčky vřetena	Řezná rychlost	Záběr nástroje	Posuv
		$\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	mm	min^{-1}	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	(šxh) mm	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Frézování	uhlíková ocel 60-70 MPa	745	čelní fréza Ø50-5 zubů- 45°	1800	157	48x4	3880
Vrtání	-	-	vrták HM destičky 45°	1061	150	-	990
Řezání závitů	-	-	závitník HM do M24	330	22	-	990

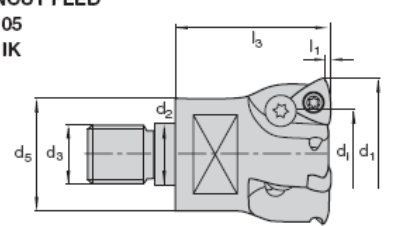
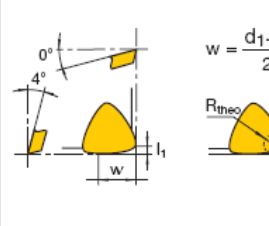





Tabulka 4.2 Technická data [14]

Stůl		
Upínací délka stolu	mm	1 000 x 640
T-drážky (počet x šířka x rozteč)	mm	4x18x125
Maximální zatížení stolu	kg	650
Pracovní rozsah		
X-osa	mm	750
Y-osa	mm	500
Z-osa	mm	500

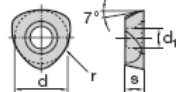
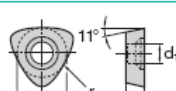
Vzdálenost čela vřetena od upínací plochy stolu	mm	155 – 655
Vřeteno		
Kuželová dutina vřetena	-	HSK A63
Maximální otáčky	min^{-1}	18 000
Změna otáček	-	plynule měnitelné
Posuv		
Pracovní posuv X, Y, Z	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$	1 – 15 000
Rychloposuv X, Y, Z	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	45
Zásobník nástrojů		
Počet míst v zásobníku	-	24
Maximální délka nástroje	mm	225
Maximální průměr nástroje	mm	77
Maximální průměr nástroje s vynecháním sousedních nástrojů	mm	150
Čas výměny sousedního nástroje	s	3
Maximální hmotnost nástroje	kg	6,5
Motor		
Výkon motoru vřetena SIEMENS (S1/S6 – 40%)	kW	25/35
Jmenovitý krouticí moment (S1/S6 – 40%)	Nm	86/120
Maximální celkový příkon stroje	kVA	30
Přesnost ČSN ISO 230 - 2		
Odměřování X, Y, Z		přímé
Přesnost nastavení polohy	mm	0,01
Opakovatelnost nastavení polohy	mm	0,004
Pracovní tlak vzduchu	MPa	0,55 – 0,6
Rozměry stroje (dxšxv)	mm	3 700 x 2 220 x 2 735
Hmotnost stroje	kg	5 100

4.4 Nástroje

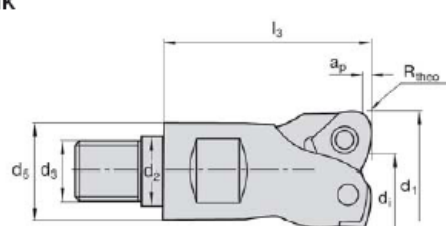




Pro stávající technologii byly použity nástroje od firmy LMT GmbH & Co. KG. Frézovací hlavy s trojúhelníkovými vyměnitelnými břitovými destičkami byly použity pro základní, či-li nejtěžší hrubovací operace. VBD jsou ze slinutého karbidu s povlakem AL6. Pro zbylé dohrubovací a dokončovací operace byly použity frézy monolitní toroidní a kulové ze slinutého karbidu s povlakem Al2 Plus. Pro frézovací hlavy bylo zapotřebí použití prodloužení, které je od stejné firmy. Dle stroje, který má upínací kužel ve HKS A63 byly použity upínače od firmy Wohlhaupter GmbH. Pro monolitní frézy kleštinové upínače 8°. Dále pak redukční pouzdra typu Weldon pro frézy s VBD.

<div>TWINCUT FEED ECP 05 THR IK</div> <div></div>										<div></div>		<div></div>		
										<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
d ₁	d ₂	l ₃	d ₃	d ₂	d ₅	a _{p max}	R _{theo}	z	N° ident.	Code LMT Codice LMT		N° ident.	N° ident.	N° ident.
20	9,8	30	M10	10,5	18	1	3,8	2	1025011	ECP05 X11.020TS030-I	1177-11T	1051277	1045185	1048335
32	15,4	43	M16	17	29	1,5	2	3	1025014	ECP05 X65.032TH043-IF	1177-65T	1045114	1045185	1048335

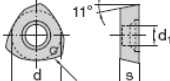
Obr. 4.9 Frézovací hlavy TWINCUT FEED s VBD [12]

							Nuances de coupe Tipi di materiale da taglio																Pour fraises Per frese	
							N° ident.																	
N = Nombre des arêtes de coupe N = Numero di taglienti	l	s	d	d ₁	r	Code ISO Codice ISO N° cat.	LC240T	LC240S	LC230F	LC225T	LC225S	LC630T	LW240	LW225	LC440T	LC444W	LC610E	LC610T	LC610W	LC610A	LW610	LC603Z		N° cat.
 N = 3 s = ± 0,02 d = ± 0,01		2,78	9,52	3,9	6	1177-11T	1056190 ¹⁾											1056191						ECP05
 N = 3 s = ± 0,025 d = ± 0,01		3,97	9,52	3,9	25	1177-65T	1056187 ¹⁾											1056188						ECP05 FCP05

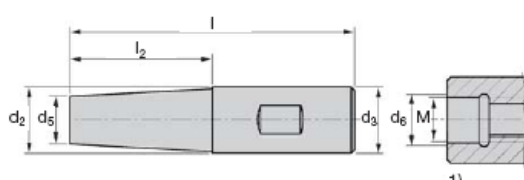

Obr. 4.10 VBD pro frézovací hlavy TWINCUT FEED [15]

ECP¹⁾ IK  <p>IK = Innere Kühlmittelzufuhr IC = Internal coolant supply</p>												  	
d₁	d_i	l₃	d₃	d₂	d₅	a_pmax	R_{theo}	z_z	Ident No.	LMT-Code		Ident No.	Ident No.
16	4,8	28	M 8	8,5	13	1	1,5	2	1025001	ECP X07.19TR028-I	1177-07T	1044972	1048326

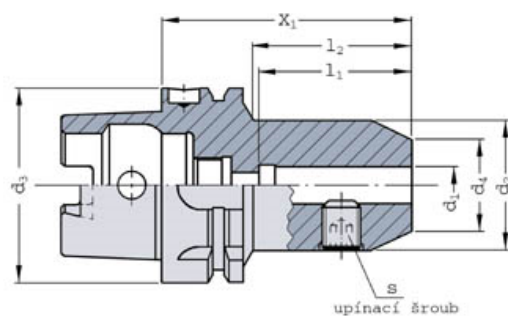
Obr. 4.11 Frézovací hlava s VBD [12]

							Schneidstoffsorten Cutting materials													Für Fräser For cutter							
							Ident No.																				
N = Anzahl der Schneidkanten N = Number of cutting edges							ISO-Code Cat-No.		LC2800N [®]	LC280TT [®]	LC610Q	LC240T	LC240S	LC230F	LC225T	LC225S	LC630T	LW240	LW225		LC610E	LC610T	LC610A	LW610	LC603Z		
							l	s	d	d ₁	r														Cat-No.		
 N = 3 s = ± 0,02 d = ± 0,01								2,78	9,52	3,9	6	1177-07T	1058192	1058193													ECP

Obr. 4.12 VBD pro frézovací hlavu [15]

 <p>1)</p>								
Anwendung							für Aufschraubfräser for screw-on milling cutters	
Katalog-Nr.							96120	
Norm							DIN 69893 A	
Besonderheiten							Mit Innenkühlung With internal cooling	
M	d₂	d₃	d₅	d₆	l₂	l	LMT-Code	Ident No.
8	8,5	18	13	20	20	70	ADT T08 070 RZ	1460790
12	12,5	23	21	25	30	86	ADT T12 086 RZ	1460792
16	17	30	26	32	30	90	ADT T16 090 RZ	1460793

Obr. 4.13 Prodloužení pro frézovací hlavy s VBD [23]



HSK-A d ₃	d ₁	x ₁	d ₂	d ₄	l ₁	l ₂	Klíč s	Katalogové číslo
63	18	80	50	38	52	53.0	6	254 015
	25	110	65	45	59	84.0	10	254 017
	32	110	72	56	63	84.0	10	254 018

Obr. 4.14 Držáky Weldon pro frézy s VBD s prodloužením [24]

Tabulka 4.3 Řezné podmínky

Fréza	Hloubka řezu a _p [mm]	Otáčky [min ⁻¹]	Posuv/sjezdový posuv [mm.min ⁻¹]	Chlazení před/po kalení
D32R2	0,4	2000	5000/1000	STANDARDNÍ
D20R3,8-L50	0,2	3020	5500/2000	STANDARDNÍ
D16R1,5-L78	0,15	4200	3000/1200	STANDARDNÍ

Monolitní frézy použité při výrobě tvárnice.

The image displays technical drawings and photographs of two types of monolithic end mills: 1410 C and 1412 C.

Technical Drawings:

- 1410 C:** A side view showing a cylindrical shank with diameter d_2 and a toroidal end with diameter d_1 . The total length is l_1 , the length of the toroidal section is l_2 , and the radius of the torus is r . The helix angle is λ . An end view shows the four-flute design.
- 1412 C:** A side view showing a cylindrical shank with diameter d_2 and a ball end with diameter d_1 . The total length is l_1 , the length of the ball section is l_2 , and the radius of the ball is r . The helix angle is λ . An end view shows the four-flute design.

Photographs:

- A vertical photograph of the 1410 C end mill, showing its toroidal tip and the 'FETTE' brand name on the shank.
- A vertical photograph of the 1412 C end mill, showing its ball tip and the 'FETTE' brand name on the shank.

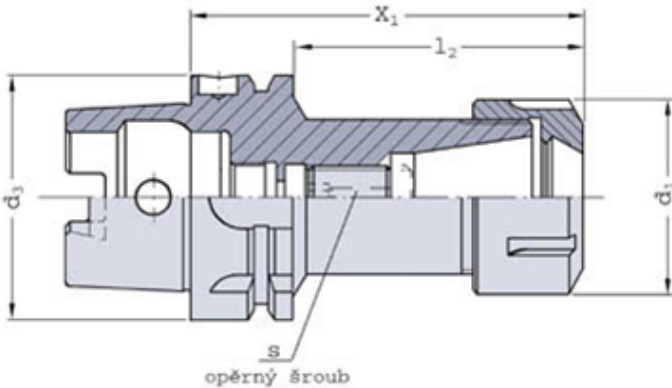
Katalog-Nr.		Cat.-No.		1410 C			1412 C					
Typ		Type		HSCline								
Norm		Standard		Werknorm FETTE Standard								
Drallwinkel		Helix angle		$\lambda = 20^\circ$								
Schaftausführung		Shank design		□ DIN 6535 HA								
Beschichtung		Coating		AL2 Plus ²⁾								
Schneidstoffsorte ¹⁾		Cutting material ¹⁾		LC620T								
Besonderheiten		Special features		-								
d_1 h10	l_2	l_1	l_3	d_2 h6	z ⚙	r	Ident No.	r	Ident No.			
kurz short												
4	4	57	14,5	6	2	0,5	1122350	2	1122490			
6	6	57	21	6	2	-	-	3	1122526			
8	8	63	27	8	3	1	1122386	-	-			
10	10	72	32	10	2	-	-	5	1122550			
10	10	72	32	10	3	1	1110047	-	-			
12	12	83	38	12	2	-	-	6	1122562			

Obr. 4.15 Toroidní a kulové monolitní frézy ze slinutého karbidu [12]

Monolitní frézy použité při výrobě tvárníku.

Katalog-Nr.	Cat.-No.					1410 C		1412 C			
Typ	Type					HSCline					
Norm	Standard					Werknorm FETTE Standard					
Drallwinkel	Helix angle					$\lambda = 20^\circ$					
Schaftausführung	Shank design					DIN 6535 HA					
Beschichtung	Coating					AL2 Plus ²⁾					
Schneidstoffsorte ¹⁾	Cutting material ¹⁾					LC620T					
Besonderheiten	Special features					-					
d_1 h10	l_2	l_1	l_3	d_2 h6	z ⚙	r	Ident No.	r	Ident No.		
kurz short											
1	1,5	38	2,7	3	2	-	-	0,5	1122452		
2	2	50	3,6	6	2	-	-	1	1122464		
3	3	50	5,5	6	2	-	-	1,5	1122477		
4	4	57	14,5	6	2	0,5	1122350	2	1122490		
6	6	57	21	6	2	0,5	1110042	-	-		
8	8	63	27	8	2	-	-	4	1122538		
8	8	63	27	8	3	1	1122386	-	-		
10	10	72	32	10	3	1	1110047	-	-		

Obr. 4.16 Toroidní a kulové monolitní frézy ze slinutého karbidu [12]



HSK-A d_3	Velikost	Rozsah upínání	x_1^*	d_1	l_2	Klíč s
63	ER 16	0.5 - 10	100	28	69	4
	ER 25	1-16	80	42	51	4

Obr. 4.17 Kleštinové upínače pro monolitní frézy [10]

Tabulka 4.4 Řezné podmínky pro výrobu tvárnici

Fréza	Hloubka řezu a_p [mm]	Otáčky [min ⁻¹]	Posuv/sjezdový posuv [mm.min ⁻¹]	Chlazení před/po kalení
D12R6	0,2	5800	1200/800	STANDARDNÍ
D10R5	0,2	7000	1200/800	STANDARDNÍ
D10R1	0,2	8000	1200/800	STANDARDNÍ
D8R1	0,15	8000	1000/700	STANDARDNÍ
D6R3	0,1	11500	800/500	STANDARDNÍ
D4R2	0,1	12500	600/400	STANDARDNÍ
D4R0,5	0,03	16500	600/400	STANDARDNÍ

Tabulka 4.5 Řezné podmínky pro výrobu tvárník

Fréza	Hloubka řezu a_p [mm]	Otáčky [min ⁻¹]	Posuv/sjezdový posuv [mm.min ⁻¹]	Chlazení před/po kalení
D10R1	0,15	8000	1200/800	STANDARDNÍ
D8R4	0,12	7000	1000/700	STANDARDNÍ
D8R1	0,15	8000	1000/700	STANDARDNÍ
D6R0,5	0,1	15000	800/500	STANDARDNÍ

D4R2	0,03	16500	600/400	STANDARDNÍ
D4R0,5	0,03	17500	600/400	STANDARDNÍ
D3R1,5	0,08	17500	500/300	STANDARDNÍ
D2R1	0,06	17500	400/250	STANDARDNÍ
D1,5R0,75	0,03	17500	400/200	STANDARDNÍ
D1R0,5	0,01	17500	300/200	STANDARDNÍ

4.5 Technologický postup

V Tabulce 4.6 a 4.7 je uveden pouze rámcový technologický postup pro představu jaký sled operací byl použit při výrobě lisovacího nástroje. Detailní technologické postupy obrábění tvárníku a tvárnice jsou přiloženy v příloze č.4.

Při výrobě tvárníku a tvárnice byly použity desky o rozměrech:

- tvárnici 246x296x95mm,
- tvárník 246x296x97mm.

Tyto desky jsou již broušeny na rozměr a tak je lze ihned obrábět.

Tabulka 4.6 Rámcový operativní technologický postup tvárníku

Číslo oper.	Pracoviště	Popis operace	Operace
1	MCV 750 SPRINT	Frézování	TK_hr_opr1
2	KALÍRNA	Kalení	50 HRC
3	MCV 750 SPRINT	Frézování	TK_sl_opr1
4	HITACHI 355R	elektro-erozivní drátové řezání	TK
5	Elektro-erozivní hloubička	Elektro-erozivní hloubení	TK

Tabulka 4.7 Rámcový operativní technologický postup tvárnice

Číslo oper.	Pracoviště	Popis operace	Operace
1	MCV 750 SPRINT	Frézování	TC_hr_opr1
2	KALÍRNA	Kalení	50 HRC
3	MCV 750 SPRINT	Frézování	TC_sl_opr1
4	Elektro-erozivní hloubička	Elektro-erozivní hloubení	TC

4.6 Analýza stávající technologie výroby

Ve stávající technologii bylo především použito více toroidních fréz, a to i v pracovních operacích, jejichž nasazení bylo z hlediska kvality povrchu nevhodné. Toroidní frézy se používají pouze pro základní hrubovací a dohrubovací operace. Pro složitě tvarovanou formu s množstvím šikmin a rádiusových částí jako v případě formy krytu bowdenu, je použití takového množství toroidních fréz nejenom funkčně, ale i ekonomicky nevhodné. Mezi další nedostatky stávající technologie patří použití malého počtu kulových fréz. Proto byla z hlediska kvality povrchu, jakož i časové úspory jednotlivých pracovních operací přepracována stávající technologie výroby z příliš mnoha dohrubovacích operací toroidními frézami s konečným použitím frézy kulové na jednu dohrubovací operaci toroidní frézou a následné použití frézy kulové pro dokončení. Rovněž ponechání velkých přídavek z důvodu elektroerozivního hloubení mimo mateřskou firmu, chaotické přechody mezi jednotlivými průměry fréz byly také přepracovány. Hloubky řezů jsou malé a tím se prodlužuje velmi razantně čas a frézy tak nejsou dostatečně využité. Posuvy jsou zvoleny dobře, ale otáčky nejsou optimální.

5. Programování NC obráběcích strojů

Číslicově řízenými obráběcími stroji nazýváme stroje, nebo celá seskupení strojů, jejichž pracovní cyklus je řízen pomocí číslicových obvodů nebo zařízení. [1]

Při číslicově řízeném obrábění je program výroby součásti zadán stroji ve formě čísel. Aby stroj porozuměl tomuto druhu zadání, jsou tyto číslice (informace) ve zvoleném kódu přeneseny na nositeli informací, což může být děrná páska, děrný štítek, magnetická páska, disketa apod. Další možnost je přenos řídicího programu z počítače přímo k řídicímu systému NC stroje tzv. DNC řízení.

Zavedením NC řízení se dosáhlo vyšší využití obráběcího stroje a možné časté střídání tvarově i rozměrově rozdílných obrobků. Při opakované výrobě je možnost jednou vypracovaný program a uložený na některém nositeli informací kdykoliv využít. Je ovšem nutno dávat pozor na změny ve výkresové dokumentaci a ty promítat do NC programů. [2]

5.1 Řídicí systémy NC obráběcích strojů

V současné době jsou obráběcí stroje vybavovány číslicovými řídicími systémy (dále jen ŘS), které do jisté míry nahrazují člověka při řízení řezného procesu.

Moderní CNC řízení dnes komplexně řeší nejen vlastní ovládání stroje jako celku, ale i snadné naprogramování dílce, kontrolu řezného procesu i diagnostiku provozních stavů.

NC systém chápeme jako číslicové řízení, které provádí řízení na základě číslicové informace, (čísla a znaky), která je do systému zadána formou NC programu na papírovém, magnetickém či jiném médiu. NC řídicí systémy prošly během použití překotným vývojem od systému první generace založených na reléových a elektronkových obvodech, přes polovodiče první generace k současné technologii založené na integrovaných obvodech a mikroprocesorech k NC systémům třetí generace - CNC. [3]

CNC systémy jsou systémy řízené počítačem a jsou charakteristické modulární strukturou, velkou operační pamětí i použitím pevného disku (HDD - Hard Disc) pro

ukládání programu atd. Tyto systémy jsou vybaveny softwarem (SW) na vysoké úrovni, který umožňuje programování pomocí cyklu, podprogramu i dialogových režimů. [3]

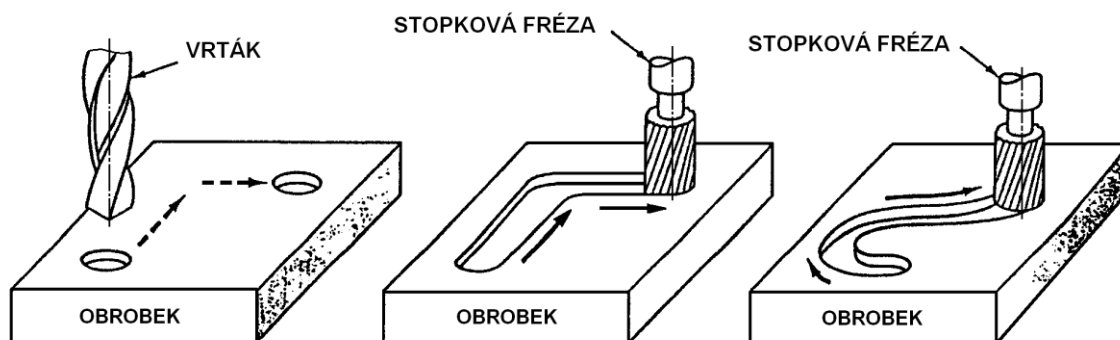
Rozdělení řídicích systémů

Základním hlediskem rozdělení ŘS je složitost pracovních cyklů, které lze na stroji ŘS realizovat.

Z tohoto hlediska realizujeme systémy [2]:

- stavění souřadnic (polohování),
- pravoúhlé řízení,
- souvislé řízení.

Dalším hlediskem rozdělení je druh použitého odměřování, způsob programování, druh polohové zpětné vazby apod.[2]



Obr. 5.1 ŘS, vlevo stavění souřadnic, pravoúhlé řízení, souvislé řízení [3]

5.2 Metody programování

A. Rozdělení programování podle stupně automatizace zpracování vstupních informací [2]:

1. ruční programování.
2. přímé programování CNC systémů.
3. automatické (strojní) programování (APT, KOVOPROG, AUTOPROG).
4. CAD/CAM systémy => CIM.

B. Rozdělení programování podle zadávání souřadnic [2]

ad A)

Základní charakteristika CAM systémů [17]:

Počítačové systémy CAM jsou systémy, které slouží ke zpracování dat z konstrukční databáze v prostředí s odpovídající technologií, které umožní v konečné fázi generování programu pro NC obráběcí stroj. Konstrukční data mohou být připravena přímo v prostředí CAD/CAM nebo mohou být použité přenosové formáty běžně používané k přenosu těchto databází.

CAM systémy umožňují podstatně rychlejší a jednodušší přípravu NC programů. Dnešní moderní CAM systémy s možností grafické kontroly vygenerovaného NC programu, systémy simulující obrábění, umějí odhalit a odstranit případné technologické chyby. Tato simulace kinematiky slouží k vyšetření a zabránění kolizí nejen mezi nástrojem, držákem nástroje s obrobkem nebo upínkami, ale ke kontrole kolizí v celém pracovním prostoru stroje a mezi funkčními pohyblivými částmi stroje. Simulace kinematiky je uživatelsky definovatelná. Na tyto možnosti navazuje možnost postprocesingu.

Postprocesor definuje možnosti a limity řídicího systému, a tím stroje samotného. Na základě definice postprocesoru je poté generován NC program se všemi náležitostmi tak, aby mohl být spuštěn stroj bez dalšího odladování. Součástí výstupu programů pro zvolený CNC stroj je také uživatelská dokumentace a tabulky nástrojů, což je důležité pro seřízení stroje a sestavení použitých nástrojů.

V dnešních CAM systémech má uživatel k dispozici celou škálu základních, specializovaných i rozšiřujících nástrojů - počínaje elementárními nástroji pro vytváření objemových těl a ploch, přes nástroje pro analýzu (úkosů, podřezání, úhlových odchylek, křivosti atd.), produktivní nástroje (pole a zrcadlení prvků, dílů i komponentů, více tělové prostředí, variantní modelování a tabulky variant, automatické a pokročilé tvarové funkce, podporu přechodu ze 2D do 3D, knihovny materiálů, realistické zobrazení atd.) až po specializované návrhářské nástroje, jako jsou nástroje pro plechové díly, formy či svařování.

Výhody moderních CAM systémů

Výše uvedené možnosti CAD/CAM systémy řešení mají mnoho výhod [17]:

- komplexní řešení pro strojírenský sektor, díky mnoha pokročilým a výkonným nástrojům však tyto systémy pronikají i do jiných oblastí, jako jsou design, architektura či projekce,
- intuitivní, snadné a vizuálně přehledné ovládání, většinou postavené na Windows,
- možnosti integrovaných rozšiřujících aplikací,
- vyspělé možnosti simulace obráběcích procesů včetně simulace kinematiky stroje, atd.

ad B)

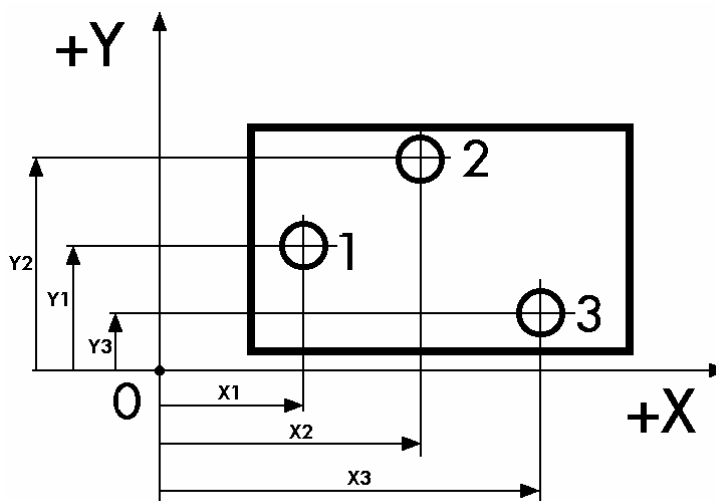
Absolutní programování

Absolutní programování vychází z principu definice souřadnic v NC program v absolutních souřadnicích každého bodu NC programu vůči počátku souřadného systému (nulového bodu). Tato definice odpovídá standardnímu matematickému pojetí. Schéma absolutního programování je na obr. 5.2. [1]

Výhody absolutního programování [2]:

- jeden chybný rozměrový údaj nevede k řetězovým chybám a tolerance se nesčítají,
- program může po přerušení pokračovat v libovolných místech,
- sledování kroků programu je podstatně jednodušší, neboť absolutní souřadnice udávají momentální polohu nástroje,

- změny jednotlivých rozměrů obrobku nemají žádný vliv na následující bloky v programu.



Obr. 5.2 - Absolutní souřadnice [3]

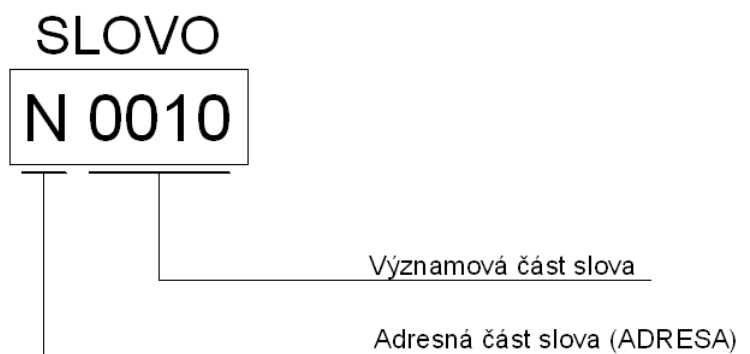
5.3 Řídicí NC program

Řídicí NC program je uspořádaný rozpis jednotlivých geometrických a technologických příkazů a dat v takové formě a posloupnosti, jak je vyžaduje software NC stroje.

Každý program se skládá z bloků (vět) tj. posloupnosti řádků. Každý blok (věta) se skládá z jednotlivých slov viz. Tabulka 5.1. Slovo má významovou část, která udává číselnou velikost povelu (počet otáček, velikost posuvu, apod.) a adresnou část, která se označuje písmenem a vyjadřuje druh povelu, jako otáčky, nástroj, posuv apod. (obr. 5.3). Slova mohou být rozměrová, která slouží k určování délky souřadnic a bezrozměrová, která vyjadřují programové funkce. [2]

Tabulka 5.1 Věta CNC programu [2]

SLOVO	SLOVO	SLOVO	SLOVO	SLOVO	SLOVO
N0001	TOOL	CALL	1	Z	S2400



Obr. 5.3 Popis jednoho slova v bloku programu [3]

5.4 Struktura NC programu

Struktura NC programu je tvořena jednotlivými skupinami řídicích bloků (vět) a jejich obsah je závislý na konkrétním řídicím systému a NC obráběcím stroji. Určuje ji mezinárodní norma ISO 1058.

Výhody dodržování programové struktury:

- dodržení tvaru a posloupnosti instrukcí a dodržení formálních pravidel syntaxe umožňuje kontrolnímu systému v případě formální chyby tuto chybu najít a oznámit (tzv. ALARM hlášení).
- přehledná struktura programu umožňuje snadnější orientaci v programu a tím lepší nalezení případných chyb a také usnadňuje provádění změn.

Členění programu:

1. Začátek programu
2. Standardní věty pro daný řídicí systém a obráběcí stroj, jako je posouvání souřadného systému, volba nulového bodu obrobku, volba pracovní roviny, atd.
3. Věty pro opracování dané součásti:
 - technologické věty – naprogramování nástrojů, otáček, posuvů, atd.,
 - geometrické věty – souřadnice popisující dráhu nástroje v jednotlivých řízených osách
 - smíšené věty,

- cykly – hrubovací, závitování, pro vrtání hlubokých otvorů, pro frézování kapes různých tvarů, apod. Tyto cykly usnadňují programování a zkracují NC programy.

4. Podprogramy

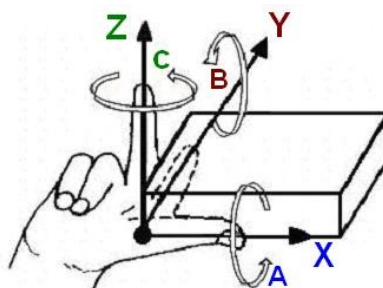
Mají stejnou strukturu jako program hlavní. Mohou být vyvolány příslušnou adresou (např. L) hlavním programem nebo jiným podprogramem. Využívají se např. pro opakované technologické rutiny.

Konec podprogramu je M17.

5. Konec programu (M02, M30)

5.5 Souřadný systém NC strojů

Popis os a pohybů určuje norma ČSN ISO 841. Souřadný systém určuje počátek a orientaci souřadných os v prostoru a umožňuje vhodným způsobem definovat nulový bod na obrobku a zároveň počátek souřadnic v NC programu. Vychází se z pravotočivého pravoúhlého souřadného systému, pravidlo pravé ruky, přičemž konečky prstů ukazují kladný smysl os (obr. 5.4). [2]



Obr. 5.4 Určování jednotlivých os [4]

Souřadnice kartézské [2]

Programování v kartézských souřadnicích vychází z matematické definice a používá se velice často. Schéma programování v kartézských souřadnicích je na obr. 5.5.

Souřadnice polární [2]

Programování v polárních souřadnicích vychází z matematické definice polárních souřadnic a je vhodné např.: pro programování polohy otvorů na roztečné kružnici atd.. Schéma programování v polárních souřadnicích je na obr. 5.5.

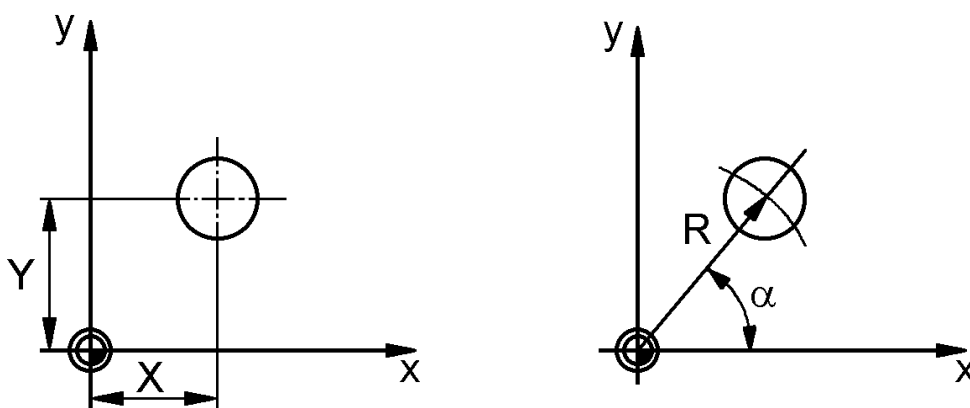
Základní vztahy

Transformace polárních souřadnic na kartézské souřadnice:

$$X = R \cdot \cos \alpha, Y = R \cdot \sin \alpha \quad (5.1) [1]$$

Transformace kartézských souřadnic na polární souřadnice:

$$R = (X^2 + Y^2)^{1/2}, \alpha = \arctg(Y/X) \quad (5.2) [1]$$

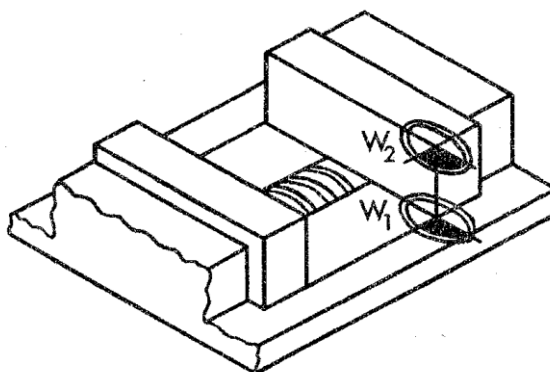


Obr. 5.5 Kartézský a polární souřadný systém [2]

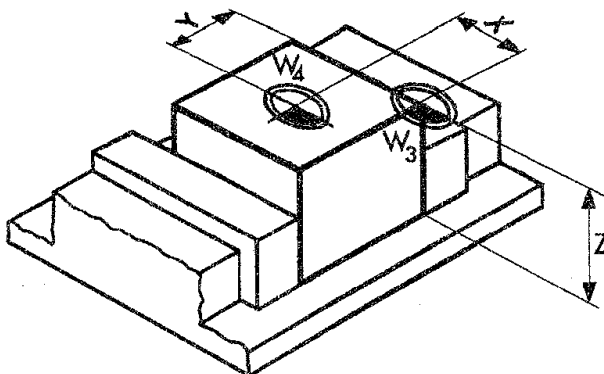
5.6 Stanovení nulového bodu obrobku při frézování

Souřadný systém můžeme posunout pomocí G-funkcí z nulového bodu stroje (M) do námi určené polohy. Toto posunování nulového bodu umožňuje snazší programování.

Pro praktické použití se doporučuje provést posunutí nulového body na některou vztažnou hranu pevné části svěráku (obr. 5.6) a potom na hranu obrobku (obr. 5.7).



Obr. 5.6 Posunutí nulového bodu na pevnou část svěráku [2]

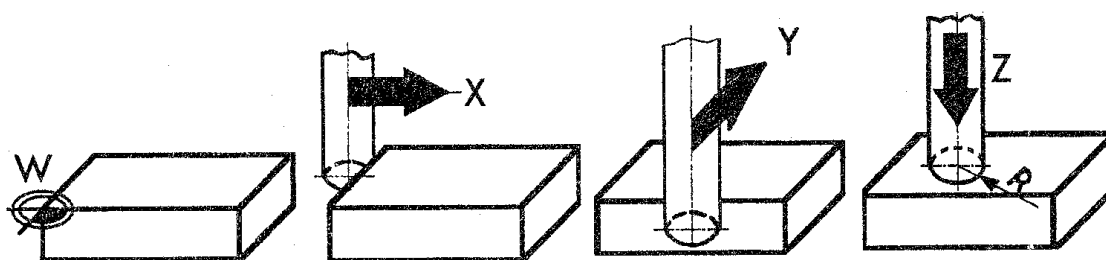


Obr. 5.7 Posunutí nulového bodu na obrobku [2]

Stanovení nulového bodu obrobku při frézování [2]

Stanovení nulového bodu provádíme nejčastěji třemi způsoby:

1. Změření potřebných hodnot (X , Y , Z) přímo na obrobku a zapsáním přes CNC systém do registru posunutí.
2. Výrobním nástrojem (obr. 5.8):
 - 1) frézu posouváme ve směru jednotlivých os (X , Y , Z), dokud se plocha jemně nenaškrábne.
 - 2) Hodnoty (X , Y , Z) zobrazené na displeji CNC systému zapíšeme do registru posunutí. Při zapisování hodnot X a Y musíme zohlednit poloměr frézy.



Obr. 5.8 Stanovení nulového bodu výrobním nástrojem

3. Dotykovým měřidlem (3D-dotykovou sondou).

Stanovení nulového bodu dotykovou sondou je stejné jako u výrobního nástroje.[2]

6. CAD/CAM systém PowerMILL

Delcam PowerMILL je software vysoké kvality pro CNC programování tříosých i víceosých frézovacích center. Primárně je určen pro frézování tvarových ploch tříosými, čtyřosými i pětiosými strategiemi, nicméně od verze 9 obsahuje i rozšířené možnosti 2.5D frézování pro případ potřeby. Uživatel tak není při nutnosti frézování jednoduchých dílců odkázán na jiné řešení a šetří tak své výdaje. [18]

Kompletní řešení

PowerMILL je dostupný v modulech pro 3osé frézování, 5-osé polohování a 5-osé souvislé frézování. Doplnky jsou pak konstrukční modul PowerMILL Modelling, Delcam Electrode pro automatizovanou výrobu elektrod, obrábění lopatek a kanálků.[18]

6.1 PowerMILL – 3-osé frézování

PowerMILL je CAM systém nejvyšší třídy umožňující obrábění komplexních součástí frézováním. Je obzvláště vhodný pro obrábění částí forem a komponentů do automobilového a leteckého průmyslu. Bez problému si však poradí s jakoukoliv součástí od 2.5D až po 5 os souvisle. [19]

Klíčové vlastnosti PowerMILL CNC programování [19]

- Systém pojímá model jako celek, bez ohledu na to kolik obsahuje ploch, popř. kolik ploch je vybráno pro obrábění. Tento přístup vede k velmi rychlému výpočtu drah obrábění i u rozměrných modelů a hlavně ke kontrole kolize modelu během celého procesu obrábění.
- Velmi silná editace dráhy nástroje včetně editace všech nájezdů a výjezdů dráhy nástroje. Při úpravách nedochází k opětovnému přepočtu celé dráhy, ale pouze k aktualizaci změněných nájezdů. Výsledkem je výrazná úspora výpočtových časů.
- PowerMILL podporuje 11 typů nástrojů s možností uložení nástrojů do síťové databáze a to včetně řezných podmínek měnících se s ohledem na zvolenou technologii a materiál polotovaru.

- Na jednotlivé plochy modelu lze aplikovat rozdílné přídavky, popř. plochu nastavit jako upínku. Tato plocha potom nebude obráběna, ale bude kontrolována proti kolizi. Nastavení zvlášť radiálního a axiálního přídavku u všech technologií je samozřejmostí.
- Více než 30 obráběcích technologií pro dokonalé obrobení jakéhokoliv tvaru.
- Veškeré pohyby nástroje je možné animovat, simulovat odebrání materiálu, popř. si zjistit zbytkový materiál, který je třeba ještě obrobit.
- Základní instalace obsahuje přes 40 postprocesorů pro všechny známé řídicí systémy. Postprocesory je možné libovolně upravovat dle přání uživatele.
- Celý systém si lze přizpůsobit pomocí šablon, maker a VB programů.

6.2 PowerMILL – 5-osé frézování

5-osé CNC frézování je již dlouhá léta používáno v leteckém i automobilovém průmyslu. V posledních letech ale podobné požadavky přicházejí i od výrobců nástrojů. Hlavní výhodou 5-osého frézování je úspora času při obrábění komplexních povrchů na jedno upnutí. Další hlavní výhodou je možnost použít menšího vyložení nástrojů a dosáhnout lepších a přesnějších povrchů.

PowerMILL nabízí v sobě frézování 5-osým polohováním i souvisle. Polohováním vykonává stroj 3-osé pohyby nástroje pouze s tím rozdílem, že před zahájením frézování je naklopena osa nástroje do požadovaného úhlu. Při polohování se osa během frézování pracovním posuvem nemění.

5-osé souvislé frézování zato může měnit úhel naklopení osy nástroje během pracovního posuvu a tak se nástroj dostane i do míst, které bychom klasickou 3-osou strategií nebyli schopni obrobit. PowerMILL umí většinu svých 3-osých strategií povýšit na 5-osé, to znamená, že programování pro uživatele se znalostmi 3-osého frézování je velmi snadné a vysoce efektivní. PowerMILL samozřejmě nabízí i několik čistě 5-osých strategií pro specializované použití. [20]

Výhody 5-osého frézování polohováním [20]

- Ideální pro frézování hlubokých modelů.
- Kratší vyložení nástrojů zabezpečí přesnější a kvalitnější výsledný povrch.
- Možnost obrobení podkosů.
- Zkrácení časů výroby díky jednomu ustavení.

Výhody 5-osého souvislého frézování [20]

- Ideální pro profilování tvarů.
- Ideální pro obrábění hlubokých rohů a tvarů.
- Kratší vyložení nástrojů zabezpečí přesnější a kvalitnější výsledný povrch.
- Umožňuje frézovat bokem nebo spodní částí frézy.
- Může být použité s mnoha typy nástrojů.
- Plně kontroluje kolize.
- Může použít STL modely (vyjma profilování).

Funkce a strategie CNC programování [20]

- Dokončení ploch.
- Obrábění bokem frézy.
- Profilování.
- Objíždění střížné kontury.
- Kapsování.
- Drážkování.
- Víceosé vrtání.

Integrovaný 5-osý postprocesor [20]

7. Řídicí systém HEIDENHAIN iTNC530

Systémy HEIDENHAIN TNC jsou souvislé řídicí systémy, jimiž můžeme přímo na stroji v dílně naprogramovat obvyklé frézovací a vrtací operace pomocí snadno srozumitelného popisného dialogu. Jsou připraveny pro použití u frézovacích a vrtacích strojů, ale i k obráběcím centrům. iTNC 530 může řídit až 9 os. Navíc můžeme programově nastavit úhlovou polohu vřetena.

Na interním pevném disku můžeme mít uložen libovolný počet programů, i když tyto byly připraveny jinde. Pro rychlé výpočty můžeme na obrazovce kdykoli vyvolat kalkulátor.

Klávesnice a znázornění na obrazovce jsou přehledně uspořádány, takže můžete rychle a lehce dosáhnout všechny funkce. [9]

7.1 Obrazovka a klávesnice

Obrazovka (obr. 7.1) [9]

1 Záhlaví

Při zapnutém TNC zobrazuje systém v záhlaví obrazovky navolené provozní režimy: vlevo provozní režimy stroje a vpravo programovací provozní režimy. Ve větším poli záhlaví je indikován provozní režim, do kterého je obrazovka právě přepnuta: tam se objevují dialogové otázky a texty hlášení (výjimka: pokud TNC zobrazuje pouze grafiku).

2 Softklávesy

V dolním řádku zobrazuje TNC další funkce v liště softkláves. Tyto funkce navolíte pomocí tlačítek, umístěných pod těmito softklávesami. Pro snadnější orientaci znázorňují úzké proužky přímo nad lištou softkláves počet lišt softkláves, které se dají navolit pomocí černých tlačítek se šipkami, umístěných po stranách. Aktivní lišta softkláves je zobrazena jako světlejší proužek.

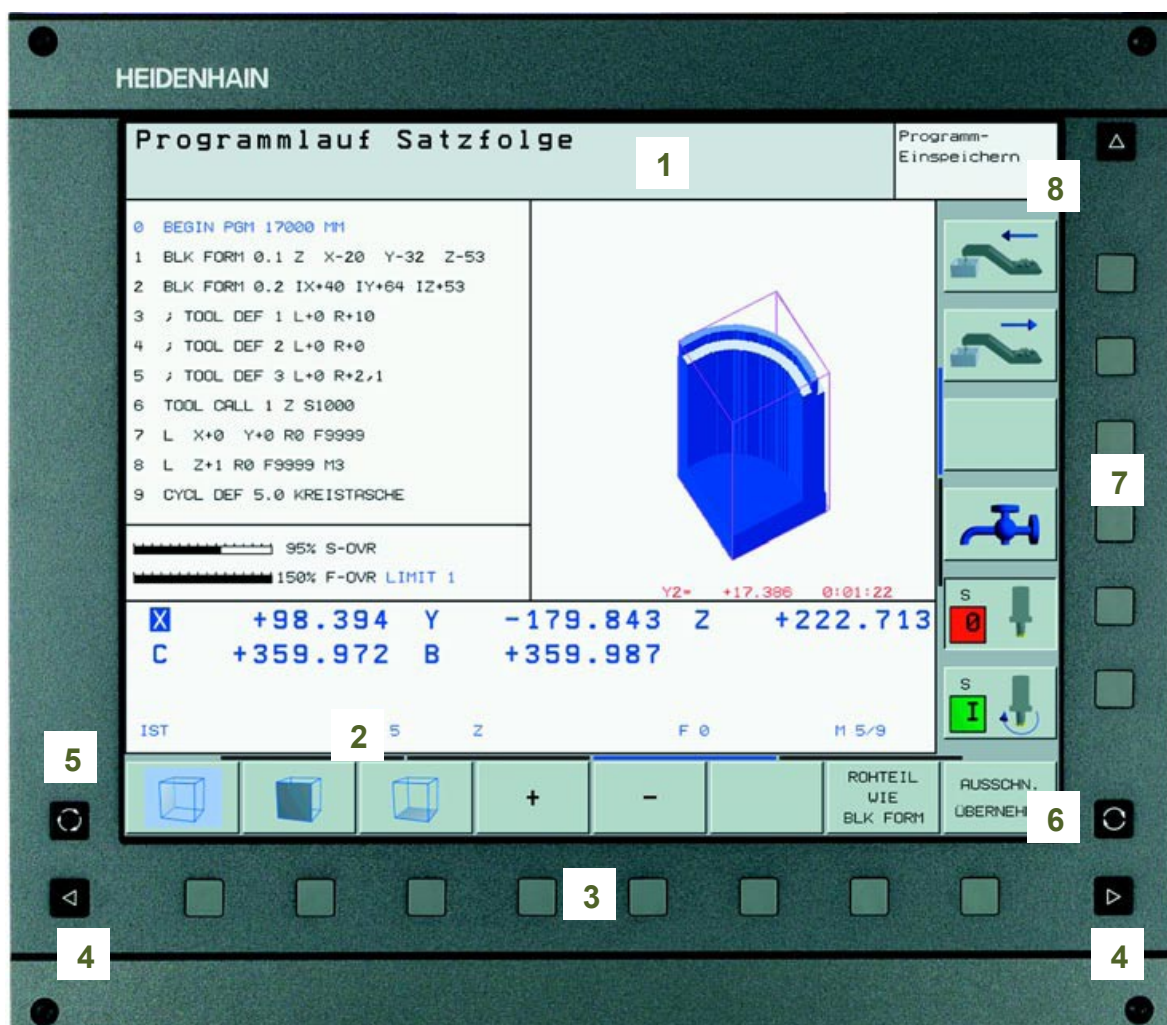
3 Tlačítka pro volbu softkláves.

4 Přepínání lišt softkláves.

5 Definice rozdělení obrazovky.

6 Tlačítko přepínání obrazovky pro strojní a programovací provozní režimy.

- 7 Volitelné softklávesy pro softklávesy výrobce stroje.
- 8 Přepnutí lišty softkláves pro softklávesy stroje.



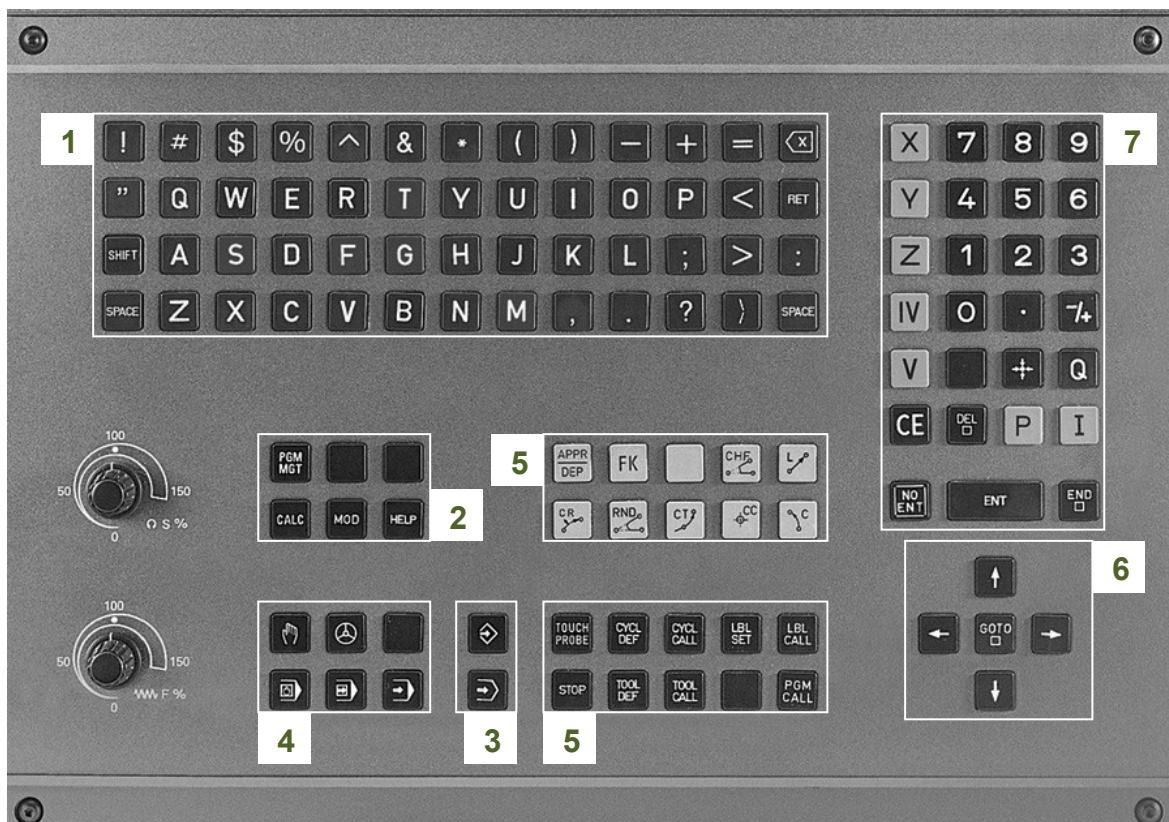
Obr. 7.1 Obrazovka BF 150 [9]

Klávesnice (obr. 7.2) [9]

Obrázek ukazuje klávesy ovládacího panelu, seskupené podle jejich funkce:

- 1 znaková klávesnice pro zadání textu, jmen souborů a programování DIN/ISO,
- 2 - správa souborů,
- MOD-funkce,
- funkce nápovědy HELP,
- 3 programovací provozní režimy,
- 4 strojní provozní režimy,
- 5 zahájení programovacího dialogu,

- 6 směrové klávesy instrukce skoku GOTO,
- 7 zadání čísel a volba os.



Obr. 7.2 Klávesnice HEIDENHAIN iTNC 530

7.2 Testování programů pomocí grafiky

Použití v provozních režimech testování programu simuluje TNC graficky obrábění, pomocí [9]:

- pohled shora,
- zobrazení ve třech rovinách,
- 3D-zobrazení.

Grafika TNC odpovídá zobrazení obrobku, který je obráběn nástrojem válcového tvaru. Při aktivní tabulce nástrojů můžeme nechat znázornit obrábění s kulovou frézou.

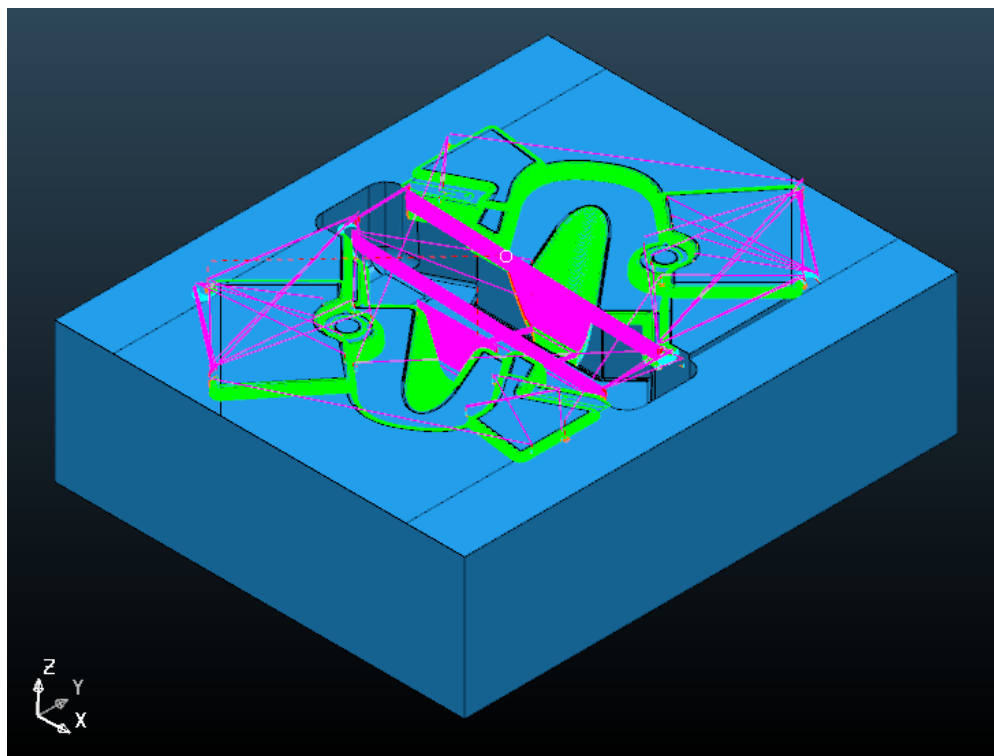
TNC grafiku nezobrazí, jestliže [9]:

- aktuální program neobsahuje platnou definici neobrobeného polotovaru,
- není navolen žádný program.

8. Návrh nové technologie

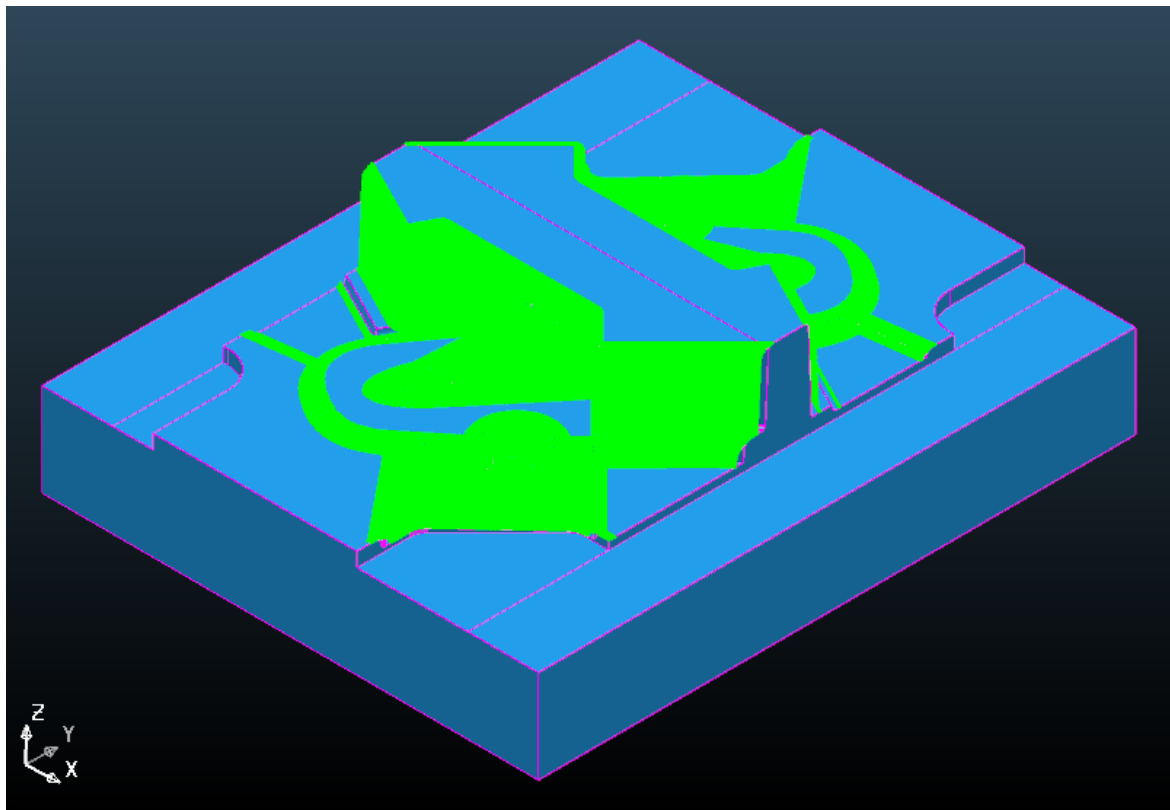
Návrh nové technologie vychází z faktu, že společnost hodlá zakoupit novou CNC portálovou frézku TRIMILL SPEED 1110. Mezi další zásadní změny oproti stávající technologii budou jinak řešené technologie dokončení ploch. Použité nástroje budou od stejné firmy, ale jejich použití bude jiné a přechody mezi toroidními a kulovými frézami více propracované. Dále budou modifikovány řezné podmínky jako otáčky vřetena, hloubky řezu, použití procesní kapaliny a také lehká úprava posuvových rychlostí.

Mezi první změny patří vypuštění frézovací hlavy s VBD o průměru 20 mm. Pro základní těžké hrubovací operace byly použity frézovací hlavy s VBD o průměrech 32 a 16 mm (obr. 8.4), u kterých byla pozměněna hloubka řezu a posuvové rychlosti viz. Tabulka 8.2. Poté následovala dohrubovací operace toroidní frézou průměru 12 mm (obr. 8.10). Jelikož vodorovné a lehce šikmé části, už jsou poměrně dobře vyhrubované, což je pro kalení dostačující, přejdeme na dohrubovací operace s použitím fréz kulových. Za pomoci kulových fréz dohrubujeme tvarové a rádiusové části. Pro tento účel byly použity frézy o průměrech 12 a 8 mm (obr. 8.1). Oba díly budou předhrubovány s přídavkem 0,4 mm a budou se moci odeslat na zakalení do vakuové pece.



Obr. 8.1 Dohrubovací operace kulovou frézou o průměru 8 mm

Po obdržení zakalených obou dílů lisovacího nástroje se vyhrubují s přídavkem 0,2 mm. U tvárníku budou pro tyto dohrubovací operace použity dva typy fréz. Vodorovné plochy budou frézovány toroidní frézou o průměru 10 mm a tvarové části kulovou frézou o průměru 6 mm (obr. 8.2).



Obr. 8.2 Dohrubovací operace kulovou frézou průměru 6 mm

Hlavní tvarové části zůstanou s přídavkem 0,2 mm z důvodu pozdějšího elektroerozivního hloubení. Zbylé části se musejí dokončit na čistý rozměr. Pro tento účel při výrobě tvárnice budou použita fréza toroidní o průměru 10 mm a frézy kulové o průměrech 12 a 4 mm (obr. 8.10). Tvárník bude obroben frézou toroidní o průměru 10 mm a frézami kulovými o průměrech 6, 4, 1 a 0,5 mm (obr. 8.11, obr. 8.12). Zvláštní pozornost se musí věnovat dosedacím plochám u obou dílů lisovacího nástroje z důvodu, aby nevznikly tzv. přetoky.

8.1 Volba CNC stroje

Pro výrobu tvárníku a tvárnice bude použita CNC frézka TRIMILL SPEED 1110 (obr. 8.3) s řídicím systémem Heidenhain 530i.

TRIMILL SPEED 1110 [22]

- Rychlé ustavení a uvedení stroje do provozu – stroj se přepravuje vcelku.
- Bočnice stroje jsou odlitky z minerálního betonu → zlepšené pohlcování frekvencí.
- Automatický zásobník nástrojů.
- Systém odstraňování třísek.
- Kompletní krytování pracovního prostoru.



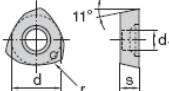
Obr. 8.3 CNC frézka TRIMILL SPEED 1110 [22]

Tabulka 8.1 Technické parametry TRIMILL SPEED 1110 [22]

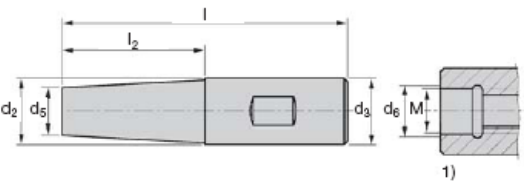

Vysokofrekvenční hlavní vřeteno		
Stálý výkon (S1/100%)	kW	25
Rozsah otáček	min ⁻¹	14 000 (12 000)
Stálý krouticí moment (S1/100%)	Nm	170 (200)
Jmenovité otáčky	min ⁻¹	1 400 (1 200)
Upínací kužel dle	-	DIN 69 893 HSK 80 (100)
Pracovní pojezdy		
Osa X	mm	1100
Osa Y	mm	1000
Osa Z	mm	700
Rozteč upínací plocha stolu/čelo vřetene	mm	maximálně 950
Pracovní stůl		
Upínací plocha (X/Y)	mm	1 300 x 1 350 mm
Hmotnost obrobku	kg	maximálně 8 000
T-drážky	mm	18 H12
Rozteč T-drážek	mm	125
Rychlost posuvů		
Osa X, Y, Z	mm.min ⁻¹	30 000
Zrychlení os		
Osa X, Y a Z	m.s ⁻²	3
Instalační údaje		
Hmotnost stroje	kg	16 000
Rozměry s dopravníkem třísek (D x Š x V)	mm	4 300 x 3 550 x 3 810

8.2 Volba nástrojů a řezných podmínek

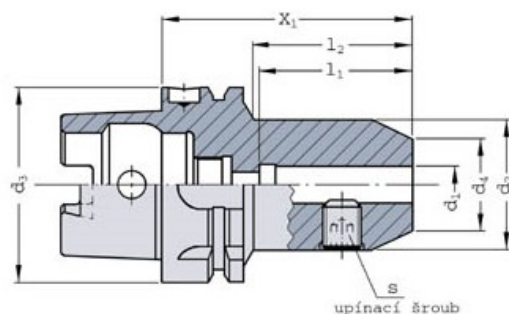
Pro nově navrženou technologii zůstávají nástroje od firmy LMT. Liší se pouze ve zvolených typech průměrů. Pro první dvě hrubovací operace budou použity frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami o průměrech 32 a 16 mm (obr. 8.4 a obr. 8.5), a pro zbylé hrubovací a dokončovací operace budou použity frézy monolitní toroidní a kulové ze

							Schneidstoffsorten Cutting materials Ident No.															Für Fräser For cutter Cat-No.		
N = Anzahl der Schneidkanten N = Number of cutting edges	l	s	d	d ₁	r	ISO-Code Cat-No.	LC280QIN ²⁾	LC280TT ²⁾	LC610Q	LC240T	LC240S	LC230F	LC225T	LC225S	LC630T	LW240	LW225	LC610E	LC610T	LC610A	LW610	LC603Z		
 N = 3 s = ± 0,02 d = ± 0,01	2,78	9,52	3,9	6	1177-07T		1058192	1058193															ECP	

Obr. 8.7 VBD pro frézovací hlavu [15]

								
Anwendung	Application						für Aufschraubfräser for screw-on milling cutters	
Katalog-Nr.	Cat.-No.						96120	
Norm	Standard						DIN 69893 A	
Besonderheiten	Special features						Mit Innenkühlung With internal cooling	
M	d ₂	d ₃	d ₅	d ₆	l ₂	l	LMT-Code	Ident No.
8	8,5	18	13	20	20	70	ADT T08 070 RZ	1460790
16	17	30	26	32	30	90	ADT T16 090 RZ	1460793

Obr. 8.8 Prodloužení pro frézy s VBD [23]



HSK-A d ₃	d ₁	x ₁	d ₂	d ₄	l ₁	l ₂	Klíč s	Katalogové číslo
80	18	80	50	38	52	53.0	6	254 015
	32	110	72	56	63	84.0	10	254 018

Obr. 8.9 Držáky Weldon pro frézy s VBD s prodloužením [24]

Tabulka 8.2 Řezné podmínky

Fréza	Hloubka řezu a_p [mm]	Otáčky [min^{-1}]	Posuv/sjezdový posuv [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]	Chlazení před/po kalení
D32R2-L	0,4	2400	8000/5000	NE
D16R1,5-L	0,3	3200	5000/4000	NE

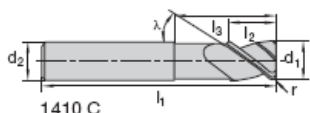
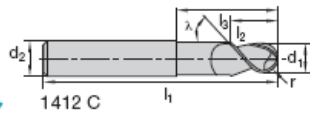


Monolitní frézy použité při výrobě tvárnice.

Katalog-Nr.	Cat.-No.	1410 C	1412 C
Typ	Type	HSCline	
Norm	Standard	Werknorm FETTE Standard	
Drallwinkel	Helix angle	$\lambda = 20^\circ$	
Schaftausführung	Shank design	□ DIN 6535 HA	
Beschichtung	Coating	AL2 Plus ²⁾	
Schneidstoffsorte ¹⁾	Cutting material ¹⁾	LC620T	
Besonderheiten	Special features	-	

d_1 h10	l_2	l_1	l_3	d_2 h6	z ⚙	r	Ident No.	r	Ident No.
kurz short									
4	4	57	14,5	6	2	-	-	2	1122490
6	6	57	21	6	2	-	-	3	1122526
8	8	63	27	8	2	-	-	4	1122538
8	8	63	27	8	3	1	1122386	-	-
10	10	72	32	10	3	1	1110047	-	-
12	12	83	38	12	3	1	1110050	-	-

Obr. 8.10 Toroidní a kulové monolitní frézy ze slinutého karbidu [12]

Monolitní frézy použité při výrobě tvárníku.

									
Katalog-Nr.	Cat.-No.	1410 C	1412 C						
Typ	Type	HSCline							
Norm	Standard	Werknorm FETTE Standard							
Drallwinkel	Helix angle	$\lambda = 20^\circ$							
Schaftausführung	Shank design	DIN 6535 HA							
Beschichtung	Coating	AL2 Plus ²⁾							
Schneidstoffsorte ¹⁾	Cutting material ¹⁾	LC620T							
Besonderheiten	Special features	-							
d ₁ h10	l ₂	l ₁	l ₃	d ₂ h6	z ☆	r	Ident No.	r	Ident No.
kurz short									
1	1,5	38	2,7	3	2	-	-	0,5	1122452
2	2	50	3,6	6	2	-	-	1	1122464
4	4	57	14,5	6	2	-	-	2	1122490
6	6	57	21	6	2	-	-	3	1122526
8	8	63	27	8	2	-	-	4	1122538
10	10	72	32	10	3	1	1110047	-	-
12	12	83	38	12	3	1	1110050	-	-

Obr. 8.11 Toroidní a kulové monolitní frézy ze slinutého karbidu [12]

Effektive Nutzlänge l_3

Effective underneck length l_3

Katalog-Nr.	Cat.-No.	1419	1419 C
Typ	Type	HSCline	
Drallwinkel	Helix angle	30°	
Schaftausführung	Shank design	DIN 6535 HA	
Beschichtung	Coating	–	ALnano ASX
Schneidstoffsorte	Cutting material	LW630	LC630T LC630U
Halsgeometrie	Neck geometry	Form C	

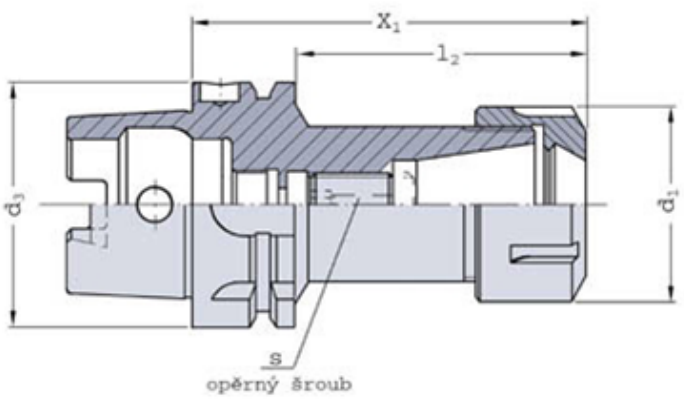
$d_{1-0,01}$	l_2	l_3				l_1	d_2 h5	Ident No.	Ident No.	Ident No.
		0°	1°	2°	3°					

lange Halsausführung (L) long neck geometry (L)

0.5	0.5	2.5	2.9	3.3	3.7	50	3	9120904	1331047	9121168
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	---	---------	---------	---------

Obr. 8.12 Kulová mikrofréza ze slinutého karbidu [12]

Kleštinové upínače 8° – základní délky typu ER16 budou použity pro frézy do průměru 10mm a pro frézy o průměrech 10 mm a výše budou použity upínače typu ER25.



HSK-A d_3	Velikost	Rozsah upínání	x_1^*	d_1	l_2	Klíč s
80	ER 16	0.5 - 10	100	28	66	4
	ER 25	1-16	100	42	70	4

Obr. 8.13 Parametry kleštinových upínačů [10]

Tabulka 8.3 Řezné podmínky pro tvárnici

Fréza	Hloubka řezu a_p [mm]	Otáčky [min^{-1}]	Posuv/sjezdový posuv [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]	Chlazení před/po kalení
D12R6	0,4	5800	1200/1000	STANDARD/ -
D10R1	0,4	7000	1200/1000	- /NE
D8R4	0,35	8000	1000/800	STANDARD/NE
D8R1	0,35	8000	1000/800	- /NE
D6R3-L20/30	0,25	10500	800/600	STANDARD/ -
D6R3-L44/50	0,25	10500	500/350	STANDARD/ -
D4R2-L8/25	0,2	14000	600/400	STANDARD/ -

Tabulka 8.4 Řezné podmínky pro tvárník

Fréza	Hloubka řezu a_p [mm]	Otáčky [min^{-1}]	Posuv/sjezdový posuv [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]	Chlazení před/po kalení
D12R1	0,4	5800	1200/1000	STANDARD/ -
D10R1	0,4	7000	1200/1000	- /NE
D8R4-L27/40	0,35	8000	1000/800	STANDARD/ -
D8R4-L54/60	0,35	8000	500/350	STANDARD/ -
D6R3-L20/40	0,25	10500	800/600	STANDARD/ -
D6R3-L44/50	0,25	10500	500/350	STANDARD/ -
D4R2	0,2	14000	600/400	- /NE
D2R1	0,15	14000	400/300	- /NE
D1R0,5	0,1	14000	300/250	- /NE
D0,5R0,25	0,08	14000	200/150	- /NE

Vygenerovaný NC kód pro výrobu obou částí tvářecího nástroje (tvárníku a tvárnice) je přiložen v příloze č.5 a dále spolu s výkresy (viz příloha č.2) a vygenerovanými technologickými postupy je kompletní dokumentací k výrobě.

9. Technicko-ekonomické zhodnocení navržené technologie

Navržená nová technologie výroby ukazuje na správnost volby nových technologických postupů a výběru nástrojů, a přinese tak nejen zkrácení výrobních časů, zkvalitnění povrchových ploch, ale i celkový ekonomický přínos v této části výroby.

Při zvolení jiných průměrů fréz a následné volby jiné trajektorie dráhy nástroje, se čas částečně zkrátí. Razantnější změny strojního času způsobí však hloubka řezu. Částečné zkrácení času docílí i korekce posuvových rychlostí. Důležitým faktorem při určování posuvových rychlostí byla délka vyložení nástroje. Vyložení nástroje tak ovlivňovalo i volbu otáček vřetena. Při více vyložených nástrojích se musely snížit otáčky pracovního vřetene, aby se omezily vibrace, a tím i chvění nástroje, které nejen namáhá stroj, ale ovlivňuje i kvalitu povrchu.

Časy jsou brány z programu PowerMILL a podle praktických zkušeností odpovídají realitě s velmi malými odchylkami.

9.1 Porovnání časů obrábění

Dle vygenerovaných technologických postupů jsou strojní časy následující:

Stávající technologie:

	$t_{cS} = t_{chS} + t_{csS}$	
Tvárnice	$t_{cS} = 360 + 513$	(9.1)
	$t_{cS} = \underline{\underline{873 \text{ min}}}$	

	$t_{kS} = t_{khS} + t_{ksS}$	
Tvárník	$t_{kS} = 291 + 1022$	(9.2)
	$t_{kS} = \underline{\underline{1313 \text{ min}}}$	

	$t_{celS} = t_{cS} + t_{kS}$	
Celkový čas	$t_{celS} = 873 + 1313$	(9.3)
	$t_{celS} = \underline{\underline{2186 \text{ min}}}$	

Navržená technologie:

$$\begin{aligned}
 t_{cN} &= t_{chN} + t_{csN} \\
 \text{Tvárnice} \quad t_{cN} &= 162 + 301 \\
 t_{cN} &= \underline{\underline{463 \text{ min}}}
 \end{aligned} \tag{9.4}$$

$$\begin{aligned}
 t_{kN} &= t_{khN} + t_{ksN} \\
 \text{Tvárník} \quad t_{kN} &= 229 + 467 \\
 t_{kN} &= \underline{\underline{696 \text{ min}}}
 \end{aligned} \tag{9.5}$$

$$\begin{aligned}
 t_{celN} &= t_{cN} + t_{kN} \\
 \text{Celkový čas} \quad t_{celN} &= 463 + 696 \\
 t_{celN} &= \underline{\underline{1159 \text{ min}}}
 \end{aligned} \tag{9.6}$$

9.2 Porovnání časů výroby

Čas výroby zahrnuje nejen obrábění jednotlivých kusů, ale i časy vedlejší jako čas programování a přípravy výroby – nachystání nástrojů, upnutí, úprava programů, zjištění nuly, atd.

Stávající technologie:

$$\begin{aligned}
 t_{DcS} &= t_{cS} + t_p + t_{pv} \\
 \text{Tvárnice} \quad t_{DcS} &= 873 + 360 + 45 \\
 t_{DcS} &= \underline{\underline{1278 \text{ min}}}
 \end{aligned} \tag{9.7}$$

$$\begin{aligned}
 t_{DkS} &= t_{kS} + t_p + t_{pv} \\
 \text{Tvárník} \quad t_{DkS} &= 1313 + 360 + 45 \\
 t_{DkS} &= \underline{\underline{1718 \text{ min}}}
 \end{aligned} \tag{9.8}$$

$$\begin{aligned}
 t_{DcelS} &= t_{DcS} + t_{DkS} \\
 \text{Celkový čas} \quad t_{DcelS} &= 1278 + 1718 \\
 t_{DcelS} &= \underline{\underline{2996 \text{ min} \cong 50h}}
 \end{aligned} \tag{9.9}$$

Navržená technologie:

$$\begin{aligned}
 t_{DcN} &= t_{cN} + t_p + t_{pv} \\
 \text{Tvárnice} \quad t_{DcN} &= 463 + 480 + 45 \\
 t_{DcN} &= \underline{\underline{988 \text{ min}}}
 \end{aligned} \tag{9.10}$$

$$\begin{aligned}
 t_{DkN} &= t_{kN} + t_p + t_{pv} \\
 \text{Tvárník} \quad t_{DkN} &= 696 + 480 + 45 \\
 t_{DkN} &= \underline{\underline{1221 \text{ min}}}
 \end{aligned} \tag{9.11}$$

$$\begin{aligned}
 t_{DcelN} &= t_{DcN} + t_{DkN} \\
 \text{Celkový čas} \quad t_{DcelN} &= 988 + 1221 \\
 t_{DcelN} &= \underline{\underline{2209 \text{ min} \cong 37h}}
 \end{aligned} \tag{9.12}$$

9.3 Porovnání technologií**Náklady na výrobu**

Hodinová sazba stroje zahrnuje náklady na výrobu, mzdu operátorům, amortizaci stroje a nástrojů. Hodinová sazba stroje byla převzata z kalkulačních dokumentů firmy.

$$\begin{aligned}
 N_S &= t_{DcelS} \cdot H_M \\
 \text{Stávající technologie} \quad N_S &= 50 \cdot 700 \\
 N_S &= \underline{\underline{35000 \text{ Kč}}}
 \end{aligned} \tag{9.13}$$

$$\begin{aligned}
 N_N &= t_{DcelN} \cdot H_T \\
 \text{Navržená technologie} \quad N_N &= 37 \cdot 700 \\
 N_N &= \underline{\underline{25900 \text{ Kč}}}
 \end{aligned} \tag{9.14}$$

Úspora času a nákladů

$$\begin{aligned}
 PT &= \left(1 - \frac{t_{DcelN}}{t_{DcelS}} \right) \cdot 100 \\
 PT &= \left(1 - \frac{2209}{2996} \right) \cdot 100 \\
 PT &= \underline{\underline{26,3\%}}
 \end{aligned} \tag{9.15}$$

$$\begin{aligned}U_N &= N_S - N_N \\U_N &= 35000 - 25900 \\U_N &= \underline{\underline{9100\text{Kč}}}\end{aligned}\tag{9.16}$$

Navržená technologie je úspornější o 26,3% a 9100,- Kč. Při zakoupení nového CNC stroje bude potřeba přijmout dalšího operátora, což zvyšuje náklady, avšak následně se zvýší produktivita práce a je možno přijímat více zakázek.

10. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo, navrhnout novou technologii výroby lisovacího nástroje krytu bowdenu na novém stroji včetně zvolení vhodných nástrojů.

V první části byl proveden rozbor stávající technologie výroby. Rozbor použitých nástrojů, volba trajektorie jejich dráhy a zjištění míst, ke zkrácení strojních časů. Největší podíl na zkrácení obráběcího času však bude mít zvětšení hloubky řezu. Dále byl upraven přechod mezi toroidními a kulovými frézami, použití více kulových fréz a upravení posuvových rychlostí a změna otáček vřetena. Přidavky se taktéž mohly zmenšit z důvodů, že firma S – Kunststofftechnik s.r.o. již vlastní elektroerozivní hloubičku a plochy pro elektroerozivní hloubení je možné obrábět v prostorách firmy. Mezi další změny patří elektroerozivní hloubení rohových a špatně dostupných částí. Při propracovanějším řešení přechodů mezi toroidními a kulovými frézami a zejména při dokončovacích operacích se čas programování zvýšil. Avšak následná úspora času 26,3% je mnoho násobně větší a výrazná je i úspora nákladů, která je 9100,- Kč.

Nově zakoupený stroj portálová CNC frézka bude mít výhody, mezi které patří odstranění setrvačných sil při pohybu stolu, jako to bylo u stávající CNC frézky MCV MAS 750 SPRINT. Tyto setrvačné síly se projevují u těžších součástí a to má za následek zhoršení přesnosti. Další výhody nového stroje budou větší upínací plocha stolu a možnost obrábět větší lisovací nástroje na jednou, bez potřeby dělení na více kusů jako tomu bylo do teď. Jako další velká výhoda bude použití stejného řídicího systému HEIDELBACH iTNC530, u kterého odpadá nové složité zaškolení obsluhy.

Tyto všechny nové poznatky povedou ke snížení výrobních časů a lze je aplikovat i na jiné lisovací nástroje s modifikací pro každý případ zvlášť. Dle uvedených důvodů a výpočtů je technologie vhodná pro začlenění a aplikaci do výrobního procesu společnosti S – Kunststofftechnik s.r.o.

Děkuji Ing. Šárce Tiché, Ph.D., z katedry obrábění a montáže VŠB – TU Ostrava za cenné a podnětné rady a připomínky při vypracování diplomové práce. Dále děkuji Ing. Pavlu Kerlinovi ze společnosti S – Kunststovtechnik s.r.o. za praktické rady a zkušenosti při vypracování diplomové práce.

Seznam použité literatury

- [1] JANDEČKA, Karel a kol. *Programování NC strojů*. Plzeň: ZČU Plzeň, 2000. 159 s. ISBN 80-7082-692-4.
- [2] ADAMEC, Jaromír; SMOLKOVÁ, Hana. *Příklady programů pro číslicově řízené obráběcí stroje*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 72 s. ISBN 80-248-0250-3.
- [3] DORDA, David. *Racionalizace obrábění strojních součástí s využitím CNC obráběcích strojů*. Bakalářská práce. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 50s.
- [4] ADAMEC, Jaromír; TICHÁ, Šárka. *Programování CNC systému EMCOTRONIC TM02-Soustružení*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 100s. ISBN 978-80-248-1915-0.
- [5] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Třetí doplněné vydání. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
- [6] ADAMEC, Jaromír. *Programování CNC systému SINUMERIK 810D/840D–frézování*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2006. 147 s. ISBN 80-248-1136-7

Elektronické zdroje

- [7] Feron Thyssen Plastics, s.r.o. [online] [cit. 2011 8 4] dostupné na <http://www.feronathyssen.cz/data/product_poster/67.pdf>
- [8] S – kunststofftechnik s.r.o. [online] [cit. 2011 27 3] dostupné na <http://sktech.cz/o_firme.php>
- [9] HEIDENHAIN iTNC 530 Příručka uživatele PROGRAMOVÁNÍ PODLE DIN/ISO [online] [cit. 2011 27 3] dostupné na <<http://www.uloz.to/5854495/heidenhain-diniso-tnc530-pdf>>
- [10] Wohlhaupter GmbH [online] [cit. 2011 28 3] dostupné na <http://www.taegutec.cz/katalogy_upinace/upinace2/pdf/typ39.pdf>
- [11] ThyssenKrupp Ferrosta, spol. s.r.o. [online] [cit. 2011 1 5] dostupné na <<http://www.thyssenkrupp-ferrosta.cz/download/plasty.pdf>>
- [12] LMT GmbH & Co. KG [online] [cit. 2011 31 3] dostupné na <http://www.lmt-tools.com/data_content/GeFo_Katalog-Juni_08.pdf>

- [13] KOVOSVIT [online] [cit. 2010 18 11] dostupné na <<http://www.kovosvit.cz/cz/mcv-750/>>
- [14] KOVOSVIT [online] [cit. 2010 18 11] dostupné na <http://www.kovosvit.cz/_data_app_sections/downloads/cz/prospekt%20mcv_cz_pl_unor_09.pdf>
- [15] LMT GmbH & Co. KG [online] [cit. 2010 18 11] dostupné na <http://www.lmt-tools.com/data_content/A_Fraesen.pdf>
- [16] ABRAMS PREMIUM STAHL [online] [cit. 2010 18 11] dostupné na <<http://www.premium-stahl.de/H11.pdf>>
- [17] ZÍTA, Martin. *CAD/CAM systémy a jejich vlastnosti*. [online] [cit. 2011 15 2] dostupné na <<http://www.seminarky.cz/CAD-CAM-Systemy-a-jejich-vlastnosti--4904#popis>>
- [18] DELCAM [online] [cit. 2011 21 2] dostupné na <<http://www.delcam.cz/produkty/powermill/>>
- [19] DELCAM [online] [cit. 2011 21 2] dostupné na <<http://www.delcam.cz/produkty/powermill/3-ose-frezovani/>>
- [20] DELCAM [online] [cit. 2011 21 2] dostupné na <<http://www.delcam.cz/produkty/powermill/5-ose-frezovani/>>
- [21] SKTECH s.r.o. [online] [cit. 2011 27 3] dostupné na <<http://www.sktech.cz/kovoobrabeni.php>>
- [22] TRIMILL [online] [cit. 2011 27 3] dostupné na <<http://www.trimill.cz/cz/produkty/51-trimill-speed-1110.html>>
- [23] LMT GmbH & Co. KG [online] [cit. 2011 2 4] dostupné na <http://www.lmt-tools.com/data_content/LMT-Katalog-2008.pdf>
- [24] Wohlhaupter GmbH [online] [cit. 2011 7 4] dostupné na <http://www.taegutec.cz/katalogy_upinace/upinace2/pdf/typ30.pdf>
- [25] Feron Thyssen Plastics, s.r.o. [online] [cit. 2011 8 4] dostupné na <http://www.feronathyssen.cz/sortiment/prumysl/?id_category=65&id_product=67>

Seznam příloh

Příloha č.1	Výkres výlisku – KRYT BOWDEN 3T0.823.755.
Příloha č.2	Výkres tvárníku pozice 1, výkres tvárnice pozice 2
Příloha č.3	3D modely
Příloha č.4	Technologické postupy pro stávající technologii
příloha č.5	Řídící programy pro výrobu tvárníku a tvárnice